Informationen über

Industrie-automation





Institut für Regelungstechnik
Berlin

INSTITUT FÜR REGELUNGSTECHNIK BERLIN

Wissenschaftlich-Technisches Zentrum der VVB Regelungstechnik, Gerätebau und Optik

---

Redaktionsschluß 1. 3. 1967

Nationalpreis für das Kollektiv „ursamat“



Am 6. 10 1967 erhielt das Kollektiv „ursamat“ für seinen Anteil an der Entwicklung des universellen Baustein- und Gerätesystems der Betriebsmeß-, Steuerungs- und Regelungstechnik — ursamat —, das eine wissenschaftlich-technische Grundlage für die rationelle Fertigung und Projektierung sowie der bedarfsgerechten Produktion von Automatisierungsmitteln bildet, den Nationalpreis 1. Klasse für Wissenschaft und Technik.

Das Kollektiv besteht aus:

Ing. Hanns Haas	**Direktor des Instituts für Regelungstechnik, Berlin**
Ing. Gerhard Obenhaus	**Leiter des Bereiches Systemtechnik im Institut für Regelungstechnik**
Dr. Ing. Siegfried Spieß	**Technischer Direktor des VEB Elektroapparate-Werke, Berlin ehemals Fachdirektor für Gerätetechnik im Institut für Regelungstechnik**
Obering. Helmut Wiedmer	**Technischer Direktor der VVB Regelungstechnik, Gerätebau und Optik**

Mit der Verleihung des Nationalpreises wurden die persönlichen Leistungen der Ausgezeichneten und die Leistungen der ihnen unterstellten Kollektive geehrt, die an der Konzipierung des Systems „ursamat“ aktiv mitgewirkt haben. Diese Auszeichnung wird allen Technikern, Ingenieuren und Ökonomen des Instituts für Regelungstechnik Ansporn sein bei der Vollendung des Systems „ursamat“.[1])

[1]) Im Heft 1/66 wurde das System „ursamat“ beschrieben.

Inhalt des Informationsheftes 1/68

Redaktionsschluß 1. 3. 1967

EINIGE ENTWICKLUNGSTENDENZEN DER REGELUNGSTECHNIK

Auf Tagungen und Messen, die im letzten Jahr stattgefunden haben, ließen sich einige Tendenzen erkennen, die für die Entwicklung der Regelungstechnik von Bedeutung sind. Dabei zeigt sich, daß der Systemgedanke auf allen Gebieten der Automatisierungstechnik Einzug gehalten hat. Diese Systeme sind allerdings meistens firmengebunden oder gebunden an eine bestimmte Anwendung, z. B. Systeme für Antriebsregelungen. Genormt sind hierbei Signale, konstruktive Parameter u. u. U. auch Prüfbedingungen.

Auf der Leipziger Frühjahrmesse 1966 wurde erstmals von der DDR ein umfassendes System der Automatisierung technologischer Prozesse, das System „ursamat“, der Öffentlichkeit vorgestellt, das über den Anwendungsbereich bekannter Systeme hinausgeht.

Unter den konventionellen Regelungsgeräten behauptet der Meßwertregler seine Stellung auf dem Markt, da er in günstiger Weise Anzeige- und Reglerfunktionen vereinigt und eine Abweichung vom Sollwert schnell erkennen läßt.

So wurden z. B. auf der INTERKAMA 1965 und der Leipziger Frühjahrsmesse 1966 und 1967 wartungsarme Meßwerkregler mit Rückführungen und induktivem Abgriff in den Abmessungen 96 × 48 und 72 × 36 vorgestellt. Ferner läßt sich erkennen, daß der Einsatz elektronischer Zweipunktregler zunehmen wird, da sie für mit Meßwerkreglern vergleichbaren Preisen geliefert werden.

Neben diesen kompakten Regelgeräten läßt sich seit einiger Zeit erkennen, daß elektronische Regler aus Bausteinen aufgebaut werden und für den Einbau in Schränken und Gestellen geeignet sind und in geeigneter Weise den Systemgedanken repräsentieren. Für viele elektronische Regler hat sich eine digitale Sollwerteinstellung durchgesetzt.

Auf der Stellseite scheint der pneumatische Stellantrieb eine ernsthafte Konkurrenz durch den elektrischen Stellantrieb zu bekommen. Ebenfalls auf der INTERKAMA wurde erstmals ein elektrischer Stellantrieb mit Stellzeiten von 2 bis 6 Sekunden gezeigt, der von einem chemischen Großbetrieb entwickelt wurde (Gleichstrom-Nebenschluß-Motor mit scheibenförmigen Motor).

In Fragen der Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit und Wartungsarmut werden zunehmend Angaben von den Herstellern gemacht, denen zu entnehmen ist, daß diesen Problemen ernsthafte Aufmerksamkeit geschenkt wird. Vor allem von Meßumformern werden hohe Nullpunktstabilität und bessere Reproduzierbarkeit der Meßwerte gefordert. Das Prinzip der Kraftkompensation findet hier weite Verbreitung.

An neuen Einheitssignalen zeichnet sich der Informationsparameter Frequenz als aussichtsreich ab. Die ersten Geräte mit Frequenzausgang sind auf dem Markt. Für Regelungssysteme ist eine Standardisierung neuer Signalgrößen noch nicht zu erkennen.

Es hat den Anschein, als ob die Elektronik die konventionelle Regelungstechnik auf großen Bereichen überspringen wird und vor allem auf der höheren Stufe der Automation entscheidenden Einfluß gewinnt. Fortschritte sind in der letzten Zeit, vor allem auf Grund neuer Bauelemente auf dem Gebiet der zentralisierten Meßwerterfassung und -verarbeitung zu erkennen.

Die Bemühungen, elektronische Rechenanlagen zur Prozeßführung einzusetzen, laufen schon seit einigen Jahren mit unterschiedlichem ökonomischem Erfolg. Dabei haben die Firmen, die eine Tradition auf dem Gebiete der Automatisierung verfahrenstechnischer Prozesse besitzen, die besseren Voraussetzungen, Prozeßrechner mit Erfolg einzusetzen.

Für einige Anwendungsfälle, z. B. für Chargenprozesse und An- und Abfahrschaltungen haben sich fest verdrahtete Spezialrechner bewährt. Ein Trend in der Informationsverarbeitung geht zu hybriden Anlagen, die für die Zukunft einige interessante wirtschaftliche Lösungen versprechen.

Alle Geräte, Einrichtungen und Anlagen der BMSR-Technik werden möglichst nach ausgefeilten Technologien gefertigt, dabei finden flexible gedruckte Schaltungen u. a. Anwendung.

SCHÖPFLIN, H.

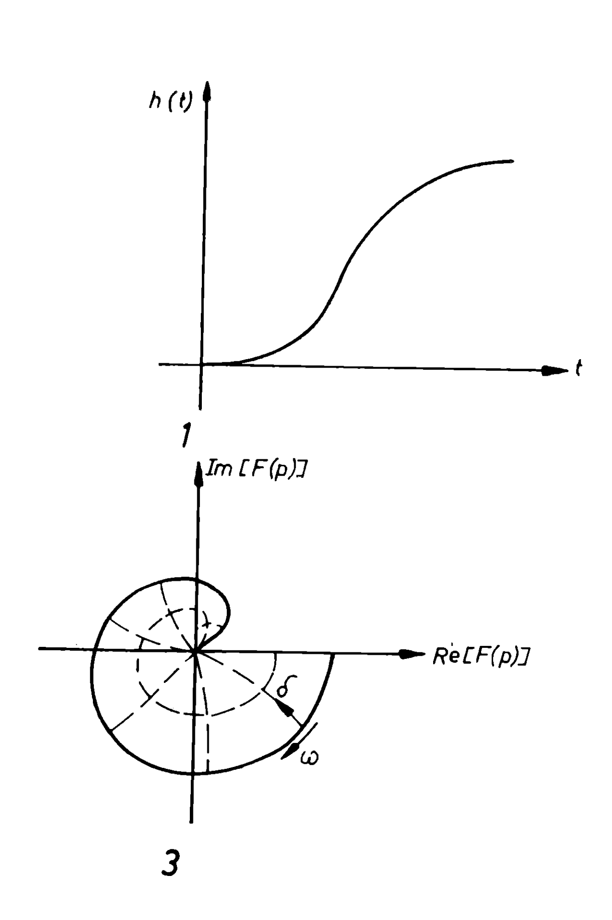
STAND, MÖGLICHKEITEN UND PROBLEME DER REGELUNGSTHEORIE

I. Historischer Ablauf

Die ersten empirisch aufgebauten Regelungen waren teilweise instabil und zeigten unterschiedliche Regelgüte bei Anwendung sogenannter statischer und astatischer Regler. Dieser Sachverhalt führte zur Aufstellung der Differentialgleichungen des Systems, deren Lösung jedoch meistens schwierig übernommen wurden und den Belangen der Regelungstechnik angepaßt wurden.

Damit waren wesentliche Vorteile durch die Theorie für die Regelungstechnik nutzbar gemacht worden, wie zum Beispiel:

1. Die Ortskurven, Frequenz- und Phasengänge sind an Geräten und Anlagen auch experimen-



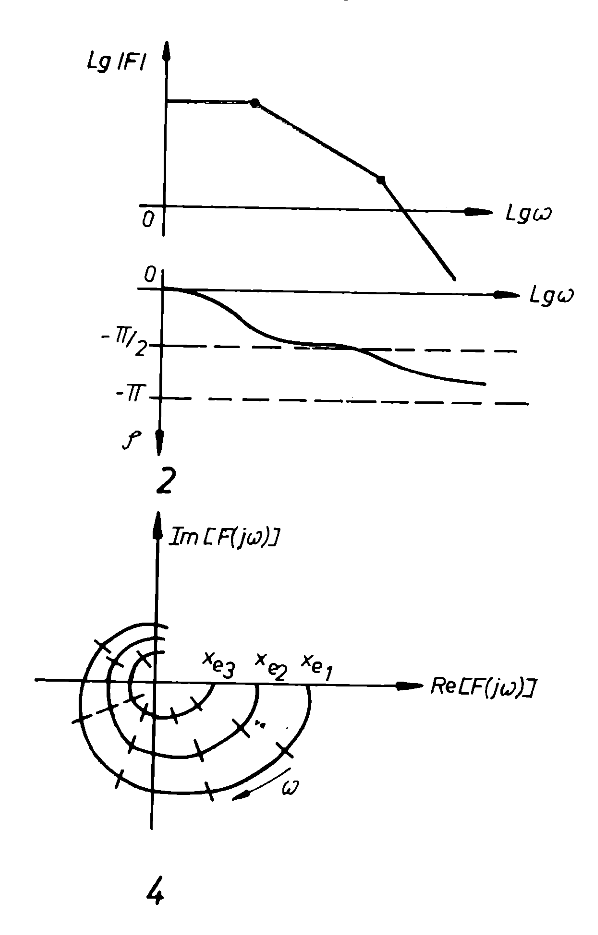


Bild 1: Darstellung des Verhaltens von Regelkreisgliedern
1. Übergangsfunktion
2. Frequenz- und Phasengang
3. Ortskurve
4. Beschreibungsfunktion

und unübersichtlich war. Zur Abschätzung der Stabilität wurden mathematische Kriterien entwickelt, die es gestatteten, aus der Koeffizientenmatrix des linearen Differentialgleichungssystems auf die Stabilität des Kreises zu schließen und im voraus zulässige Parameterbereiche zu berechnen (Routh-Hurwitz-Kriterium).

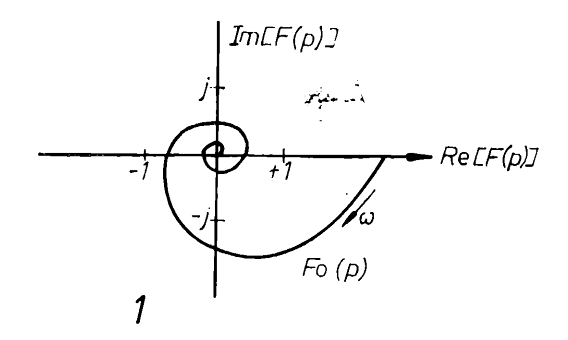
Der unanschauliche mathematische Formalismus dieser Stabilitätskriterien wurde bald durch Frequenzgang- und Ortskurvenanalysen ersetzt, die aus der Nachrichtentechnik und Elektrotechnik

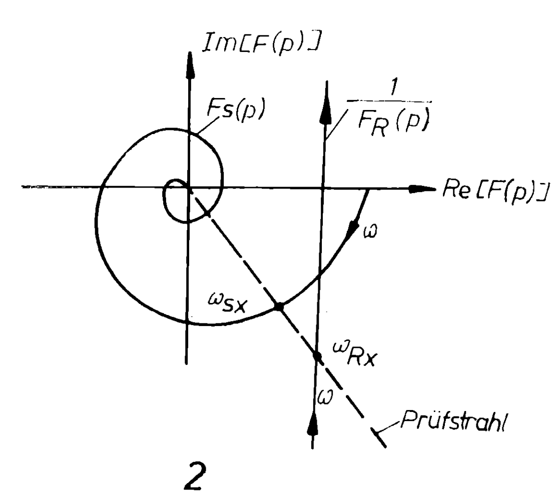
tell zu gewinnen, wenn Linearität vorausgesetzt wird;

2. Das Stabilitätskriterium reduziert sich dabei auf die Bedingungen, daß bei den Kreisverstärkungen $V_0 > 1$ der offenen Kette keine Frequenz auftritt, welche eine Phasenverschiebung von $\varphi_\omega = n \cdot 180°$ verursacht.

3. Die den Elektrotechnikern geläufige Methode der Rechnung mit komplexen Zahlen wurde damit als ingenieurmäßiges Verfahren für die Re-

gelungstechniker übernommen und verfeinert (Leonhard und Oppelt).





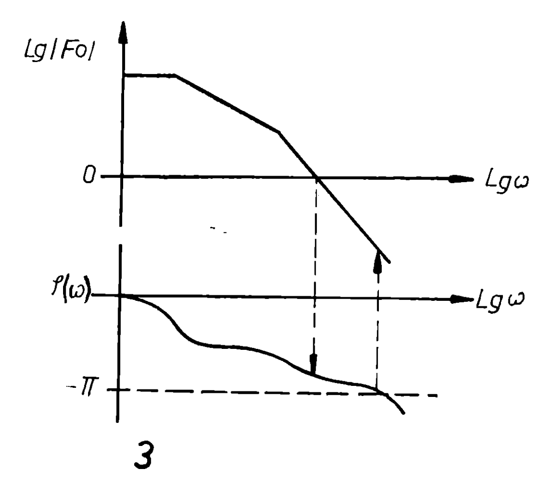


Bild 2: Graphische Verfahren der Stabilitätsprüfung linearer Regelkreise

1. Ortskurve der offenen Kette (Stabilität besteht, wenn Schnittpunkte mit der reellen Achse nur bei Werten > -1 auftreten)
2. Zwei-Ortskurvenverfahren (Stabilität besteht, wenn der Prüfstrahl durch $\omega_{SX} = \omega_{RX}$ so liegt, daß

$$|F_S(\omega_X)| < |F_R(\omega_X)|$$

3. Logarithmische Frequenzlinie (Stabilität besteht, wenn für $\pi \leqq \varphi(\omega) \leqq -\pi$ die Funktion lg $|Fo| < 0$ ist)

Damit war der Anschluß gegeben, die symbolische Methode von Haeviside $\left(p \triangleq \frac{d}{dt} \triangleq j\omega\right)$ mathematisch exakt zu begründen und abzugrenzen, wobei die Arbeiten von Laplace durch Doetsch und Wagner auf die Ebene der heutigen mathematischen Betrachtungsweise gehoben wurden. Die Laplace-Transformation wurde ab 1950 zum beherrschenden Arbeitsmittel der Regelungstheoretiker für die Zwecke der Lehre, Forschung und Technik. Die fundamentale Bedeutung dieser Operatorenrechnung ist darin zu sehen, daß in Anlehnung an die Fourier-Zerlegung der Dualismus von Zeit- und Frequenzfunktionen erkannt und die gegenseitige Abhängigkeit bewiesen wurde.

Laplace-Transformationen:

a) $$G(p) = \int_0^\infty g(t)\, e^{-pt}\, dt$$

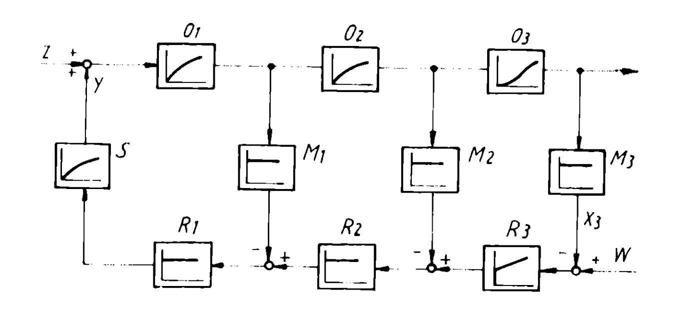
b) $$g(t) = \int_{-j\omega}^{+j\omega} G(p)\, e^{pt}\, dp$$

G(p): Übertragungsfunktion:
g(t): Gewichtsfunktion

Die Rücktransformation nach Formel b) ist bereits für einfache Fälle nicht mehr elementar lösbar (Residuensatz). Darum wurden Korrespondenztabellen angefertigt, die die Lösungen typischer Fälle enthalten. Die Systematik der Laplace-Transformation wurde damit als wichtigstes Kennzeichnungs- und Verständigungsmittel über die dynamischen Eigenschaften von Übertragungsgliedern eingeführt. Auch das sogenannte Wurzelortverfahren basiert auf der Laplace-Transformation und gestattet, aus der Lage der Pole und Nullstellen der Übertragungsfunktion Stabilitäts- und Dynamikuntersuchungen durchzuführen. Für die Ingenieurpraxis konnte sich jedoch das Wurzelortverfahren wegen seiner Unanschaulichkeit bezüglich der physikalischen Realität nicht durchsetzen.

In Verbindung mit der Analogrechentechnik war es mit diesem theoretischen Rüstzeug möglich, auch umfangreichere vermaschte Systeme zu programmieren und zu modellieren und damit in ökonomischer Weise das Verhalten und die günstigsten Varianten eines Systems zu bestimmen. Inzwischen gibt es Richtlinien, Kriterien und Bemessungsformeln für elementare Regelkreise mit stetigen sowie unstetigen Reglern, mit denen in der Ingenieurpraxis bei der Projektierung, Einstellung und Inbetriebnahme automatischer Anlagen gearbeitet wird. Auch für die Verfahren der Hilfsgrößenaufschaltung sind ingenieurmäßig anwendbare Berechnungsmethoden vorhanden. Darüber hinaus gibt es jedoch viele Schaltungen, die sich wegen der Fülle der Varianten und Kombinationsmöglichkeiten nicht mehr in sogenannte Faustformeln einzwängen lassen. Zur Illustration seien einige dieser höherwertigen Regelungsverfahren aufgeführt, die letztlich alle zum Ziel haben, die Regelgüte statisch und dynamisch zu verbessern oder eine Regelung zu stabilisieren. (Bild 4, 5 und 6)

Wenn die Kopplungselemente O_{ij} der Objekte nach Bild 6 bestimmender sind als die nach physikalischen Überlegungen erhaltenen Objektstrecken



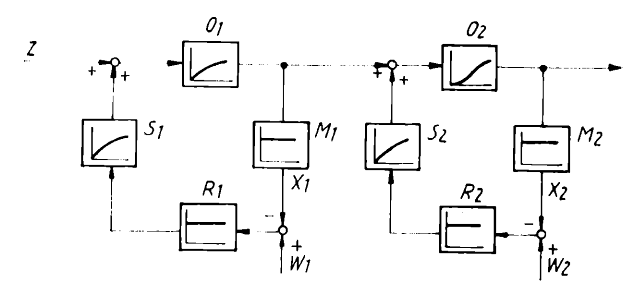


Bild 4: Kaskadenschaltung und Reihenschaltung von Regelkreisen

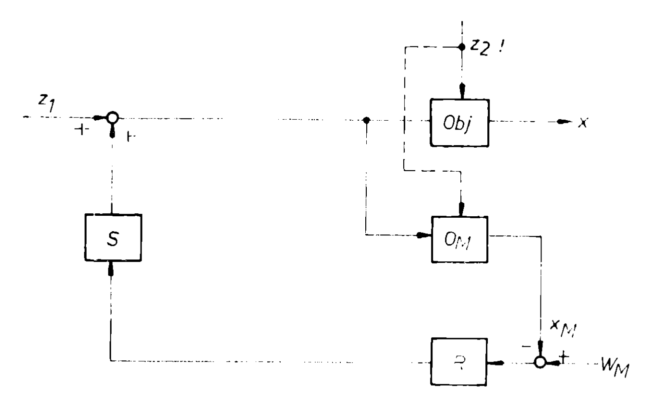


Bild 5: Modellobjekt

selbst, so kann eine „Überkreuzregelung" angewendet werden, indem

$$x_1 \rightarrow R_2 \quad \text{und} \quad x_2 \rightarrow R_1$$

aufgeschaltet und die bisherigen Verbindungen

$$x_1 \rightarrow R_1 \quad \text{und} \quad x_2 \rightarrow R_2$$

getrennt werden (Destillationskolonne, Dampferzeuger).

II. Anstehende Aufgaben und Probleme

Neue Reglerprinzipien sind verschiedentlich vorgeschlagen und haben vereinzelt in Spezialgeräten eine Anwendung gefunden. Mit Digitalrechnern, die schnell genug sind und die prozeßgekoppelt betrieben werden können, lassen sich höherorganisierte Funktion für Regler relativ leicht durch Programme realisieren und modifizieren. Das betrifft z. B.

1) Regler mit Parametersteuerung
2) Regler mit Strukturumschaltung
3) Regler mit Parameteradaption

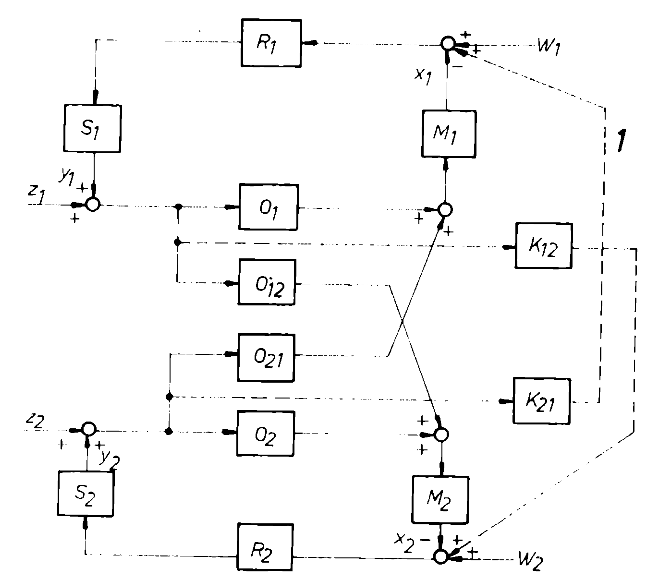


Bild 6: Entkopplung von Kreisen mit den Zielen
a) Autonomie: Entkoppelung von W-Störungen
b) Invarianz: Entkoppelung von Z-Störungen
c) Parallel-Kompensation der O_{ij} zu $F_{\Sigma}(p) \equiv 0$

4) Regler, die höhere Ableitungen bilden und mehrfache Integrationen vornehmen können
5) Regler, die eine echte Verhältnisregelung (inline blending) realisieren
6) Regler mit Geschwindigkeitsbegrenzungen und begrenzter Sollwertführung nach Prozeßkriterien
7) Regler, die Prädiktionsprinzipien benutzen
8) Regler, die dead-beat-Verhalten erzeugen
9) Regler, die sich an nichtlineare Objekte anpassen lassen.

Als qualtativ neuartige Regelungsverfahren oder auch Steuerungsverfahren sind in den letzten Jahren verbreitet Prinzipien untersucht worden, die gestatten sollen, Extrem- und Optimalwertkriterien automatisch einzuhalten. Während die klassische Technik bestrebt war, Nichtlinearitäten zu vermeiden, zu umgehen oder zu eliminieren, arbeiten Extrem- und Optimalwertsysteme gerade mit speziellen nichtlinearen Effekten des Objektes.

Die Beschreibungsfunktion ist auf Systeme beliebiger Ordnung anwendbar, wenn die hinter dem nichtlinearen Glied entstehenden Oberwellen genügend gedämpft werden. Die Methode der Zustandsebene (Phasenraum) ist für die Gewinnung von Stabilitätsaussagen prinzipiell auf Systeme zweiter und dritter Ordnung beschränkt. Für nichtlineare Systeme höherer Ordnung wurde in rein theoretischen Arbeiten in den letzten Jahren auf die Methode von Ljapunow verwiesen, die als umfassendes Stabilitätskriterium gilt. Als ingenieurmäßige Methode ist sie jedoch bisher leider nicht zu verwenden, weil das Auffinden der notwendigen Ljapunow-Funktionen bisher nur intuitiv möglich ist. Praktisch werden derartige Probleme heute mit großen Analogrechnern bearbeitet, die dazu mit di-

versen nichtlinearen Funktionseinheiten ausgerüstet sein müssen.

Optimierungsziele können sein:

1. Dynamische Fehler ε des Ausregelvorganges linearer Systeme mit determinierten Störungen: (x_w: Regelabweichung)

   Betragsoptimum $\varepsilon = \int_0^\infty |x_w| \, dt \rightarrow$ Min.

   Quadratisches Optimum $\varepsilon = \int_0^\infty \varepsilon_w^2 \, dt \rightarrow$ Min.

   ITAE-Optimum $\varepsilon = \int_0^\infty x_w \cdot t \, dt \rightarrow$ Min.

2. Schnelligkeitsoptimale Regelung bei nichtlinearen Systemen mit Leistungs- und Hubbegrenzung durch Schaltsystem und Rechengerät.
3. Strukturoptimierung, d. h. günstigste Regler- und Schaltungskombination.
4. Optimierung stochastisch gestörter Systeme auf größtes Signal-Rausch-Verhältnis (Bandbreite, Amplituden und Häufigkeitsverteilungen).
5. Technologische Optimierungsziele (Energieverbrauch, Durchsatz, Qualität und Wirkungsgrad).
6. Ökonomisch-technologische Ziele (Gewinn, Sortiment, Nutzungsdauer, Reisezeit usw.).
7. Projektoptimierung (Investkosten, Zuverlässigkeit, Bedienungs- und Wartungsaufwand).

Bei Aufgaben der Prozeßoptimierung sind zwei Kategorien für den anzusetzenden Optimierungsalgorithmus zu unterscheiden.

a) Das Optimierungsziel ist ständig oder zeitweise mit erträglicher Verspätung meßbar und beeinflußbar,
b) das Optimierungsziel entzieht sich einer verwertbaren Messung und ist nur auf Umwegen über physikalisch-chemische Zusammenhänge und ökonomische Bewertungsgrößen berechenbar.

Zum Fall b) sei ein einfaches Beispiel genannt:

Zwei Energieerzeuger haben verschiedene Kostenfunktionen in Abhängigkeit ihrer Leistung (p). Die Gesamtkostenfunktion $Q(p) = K_1(p_1) + K_2(p_2)$ ist damit berechenbar (nichtebene Fläche). Die Nebenbedienung lautet hier, daß $p_1 + p_2 = p_s$ einer Soll-Leistung entsprechen muß und dabei die Kosten ein relatives Minimum werden. Der allgemeine Lösungssatz führt auf eine Lagrange-Funktion

$$\Phi = Q(p_i) + \sum_1^j \lambda_j \cdot \varphi(p_i) \quad \text{mit} \quad \frac{\partial \Phi}{\partial p_i} = 0$$

die durch simultane Lösung beider Gleichungen und Eliminierung der λ_j lösbar ist. (Bild 7, 8)

Die Optimierung mit der Lagrange-Funktion setzt voraus, daß die Nebenbedingungen als stetige Funktionen vorliegen. Liegen die Nebenbedingungen als Ungleichungen vor, so ist das Maximumprinzip von Pontrjagin oder die dynamische Programmierung nach Bellmann als mathematisches Hilfsmittel anzusetzen. Als Sonderfall ist die lineare Programmierung zu nennen, die verwendet wird, wenn die Gütefunktion ein lineares Funktional ist und die Nebenbedingungen als Ungleichungen vorliegen (z. B. Transportoptimierung). Die genannten Verfahren sind in der Praxis sinnvoll nur in Verbindung mit Digitalrechnern anzuwenden, wobei die Gütefunktion als sogenanntes mathematisches Modell vorliegen muß. Die Herstellung des optimalen Zustandes ist auch hier automatisch möglich, wenn Stelleingriffe möglich sind, die für die Einstellung der errechneten Einflußgrößen am Prozeß im Sinne einer Steuerung wirken.

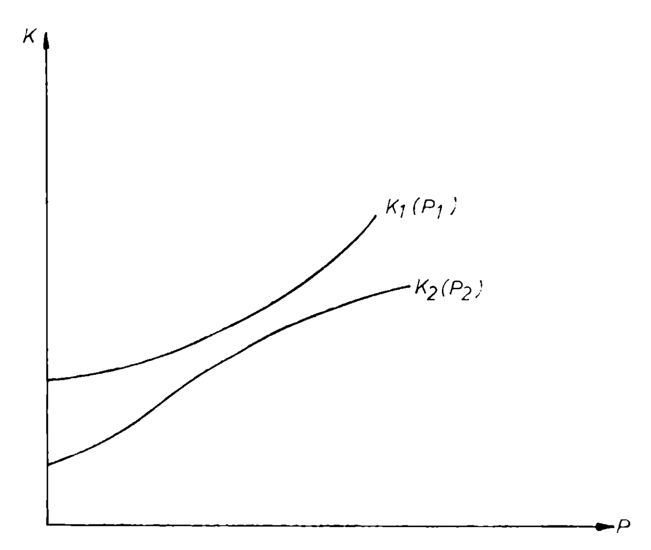


Bild 7: Kostenfunktionen von 2 Energieerzeugern

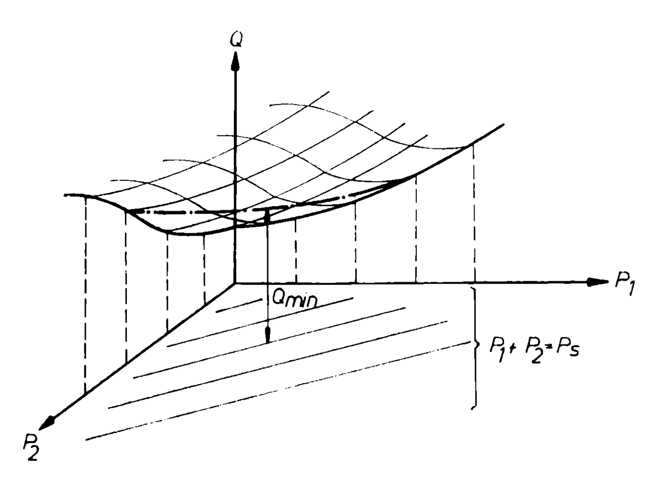


Bild 8: Optimierung der Energieerzeugung

Folgende Fragen ergeben sich, deren Lösung bei der Nutzung derartiger Optimierungsverfahren problematisch sind:

1. Über welchen Zeitraum kann das mathematische Modell als repräsentativ angesehen werden?
2. Wodurch kann eine ständige Adaptierung des Modells erfolgen?
3. Sind die dominierenden Störgrößen erkennbar und meßbar?

Diese Fragestellungen führen letztlich zu den selbstadaptierenden optimalen Systemen, die be-

züglich ihrer Realisierbarkeit noch in den ersten Anfängen stecken und auch theoretisch noch nicht genügend erforscht sind. Diese Zielstellungen werden die Automatisierungs-Ingenieure auch noch in Jahrzehnten beschäftigen, da die Prozeßanalyse und Prozeßerkennung komplexer Objekte bisher noch als für die Praxis ungelöstes Problem anzusehen ist. (Black-Box-Problem)

Wenn das Optimierungsziel meßbar ist oder aus Meßwerten direkt errechnet werden kann, liegen die Verhältnisse etwas günstiger. Mit Ausnahme der Feststellung dominierender Einflußgrößen muß für die „direkte Optimierung im Sinne einer Regelung" über den Prozeß selbst kein mathematisches Modell vorliegen. Dazu bedient man sich bestimmter Suchstrategien, um Extrema aufzufinden (Bild 9, 10).

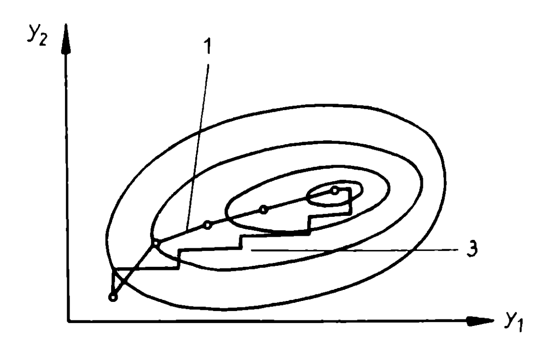


Bild 9: Suchstrategien
1. Gradienten-Methode
3. Komponenten-Methode

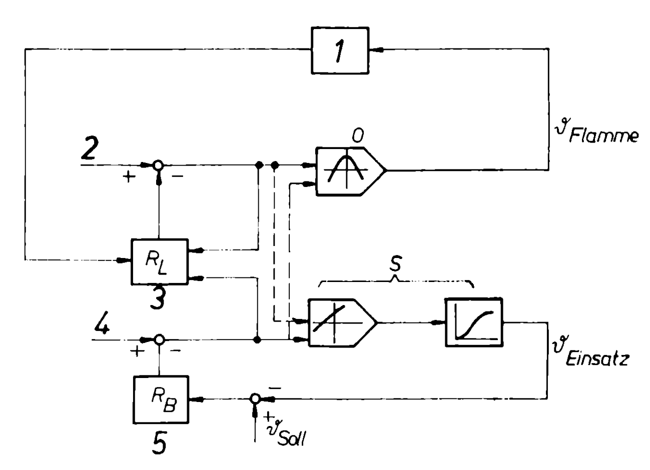


Bild 10: Extremwertregelung einer Verbrennung
1. Extremwertregler
2. Luft
3. Verhältnisregler
4. Brennstoff
5. Brennstoffregler

Im einfachsten Fall, dem Einkanalextremwertregler, für den verschiedene Schaltungsprinzipien bekannt sind, besteht die Aufgabe darin, eine dominierende Stellgröße so zu beeinflussen, daß trotz Einwirkung von Störungen der Extremalwert möglichst gut gehalten wird (Bild 11).

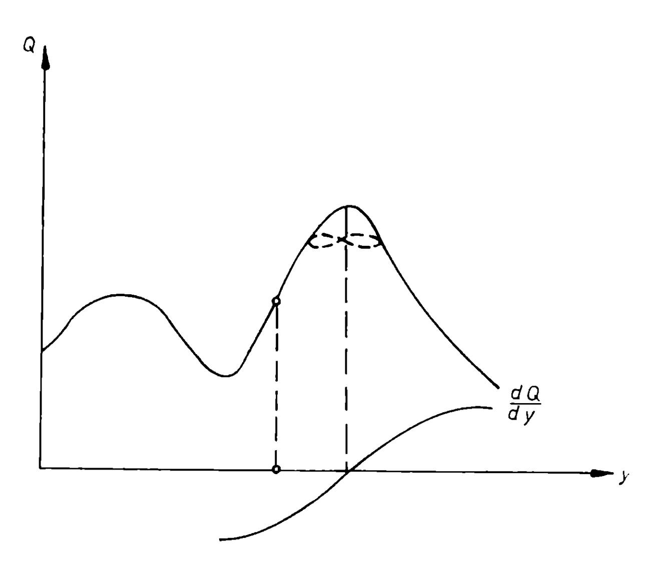


Bild 11: Verhalten einer Extremwertregelung

Auch hier gibt es natürlich diverse Probleme:

1. Existenz von Nebenmaxima
2. Dynamik des Objektes
3. Zu flaches Extremum
4. Auftreten eines Pendelfehlers
5. Indentifikationsschwierigkeiten bei verrauschtem Meßsignal (Bildung des Differenzenquotienten).

Trotz vielfältiger Bemühungen in vielen Ländern sind bisher handfeste Erfolge noch nicht zu verzeichnen. Dieser Sachverhalt hängt unseres Erachtens damit zusammen, daß die Prozesse noch zu wenig erforscht sind, Gütefunktionen zu schwierig zu messen sind, zu viele Nebenbedingungen zu beachten sind und die angewendeten Optimierungsalgorithmen noch zu primitiv sind. Die sich anbahnende Prozeßrechentechnik wird jedoch dieses Gebiet stark beleben, so daß sich effektive Erfolge einstellen werden, besonders dann, wenn es gelingt, Lernalgorithmen zu programmieren. (Feldbaum, Steinbuch)

Die praktischen Möglichkeiten der Prozeßanalyse bleiben auch bei Einsatz von Digitalrechnern für die Nutzanwendung noch sehr problematisch. Der Aufwand an Einrichtungen, Arbeitszeit und wissenschaftlichen Kräften steht bisher in keinem gesunden Verhältnis zur Genauigkeit, Signifikanz und Wertbeständigkeit der Ergebnisse. Trotzdem seien einige Methoden hier kurz benannt, um die Möglichkeiten und den Trend zu erwähnen.

Die Regressionsanalyse

Diese Analyse gestattet, unter gewissen Bedingungen die statischen Abhängigkeitsverhältnisse der Ausgangsgrößen (Zielgrößen x) von den Einflußgrößen (Stell- und Störgrößen y) festzustellen. Da es sich hierbei um ein rein statistisches Verfahren handelt, tragen die erhaltenen „statischen Übertragungsfaktoren" nur Wahrscheinlichkeitscharakter.

Die erhaltenen Übertragungsfaktoren sind prinzipiell mit einem Fehler behaftet, wenn das Objekt dynamikbehaftet ist. Dieser Zustand liegt jedoch bei industriellen Prozessen fast immer vor. Die zeitgleiche Aufnahme und Zuordnung gemittelter Wertesätze ist notwendigerweise an das Verfahren gebunden. Weitere Probleme sind:

1. Die statistische Verteilung der Schwankungen der Eingangsgrößen;
2. die zeitliche Veränderlichkeit der inneren Objektparameter;
3. der unbestimmte Ansatz der Regressionsfunktionen (linear, quadratisch oder polynomisch);

   $x_1 = k_1 y_1 + k_2 y_2 + k_3 y_3 + \cdots$

   oder z. B.

   $x_1 = k_1 y_1 y_2 + k_2 y_2 y_3 + k_3 y_1 y_2 y_3 + \cdots$
4. die notwendige große Anzahl der Wertesätze und der umfangreiche rechnerische Verarbeitungsvorgang.

Die Korrelationsanalyse

Höherwertige Methoden der Kennwertermittlung stellen die Korrelationsverfahren dar, die es gestatten, neben den Übertragungsfaktoren auch die dynamischen Kenngrößen eines Objektes zu bestimmen. Als Eingangssignale können statistische oder determinierte Signale (Frequenz-, Rechteck- oder Dreiecksignale) angewendet werden. Mit Hilfe des Integrals

$$x_a(t) = \int_0^\infty x_e(t - \tau)\, g(\tau)\, d\tau$$

kann aus dem Verlauf der Signale $x_a(t)$ und $x_e(t)$ die Gewichtsfunktion $g(t)$ berechnet werden. Da $x_a(t)$ meist durch Störungen beeinflußt ist, müssen die effektiven Zeitfunktionen $x_e(t)$ und $x_a(t)$ durch ihre Korrelationsfunktionen ersetzt werden, um daraus die Gewichtsfunktion zu bestimmen.

$$\varphi_{ee} = \frac{1}{T} \int_0^T x_e(t) \cdot x_e(t - \tau)\, d\tau$$

$$\varphi_{ae} = \frac{1}{T} \int_0^T x_a(t) \cdot x_e(t - \tau)\, d\tau$$

Dieses Verfahren ist sicherlich als zukunftsträchtige Methode der Prozeßanalyse anzusehen, obwohl der rechnerische Aufwand, selbst bei idealisierten Bedingungen, nur noch mit Digitalrechnern zu bewältigen ist. Natürlich bestehen auch hier noch wesentliche Schwierigkeiten, die mit den notwendigen Voraussetzungen und praktischen Möglichkeiten zusammen auftreten:

1. Die Mittelungszeit T hängt von der Dynamik des Objektes und von den Eigenschaften der nicht vorhersehbaren statistischen Störsignale ab.
2. Die Mitteilungszeit wird häufig so groß, daß der Prozeß dann nicht mehr als stationär anzusehen ist.

Diese Schwierigkeiten führen dazu, daß für die Ingenieurpraxis, neben den konventionellen Sprung- und Frequenztestverfahren, als modernes Verfahren zunächst nur die Korrelation mit determinierten periodischen Testsignalen für die Prozeßanalyse erfolgversprechend ist. Auf diese Weise lassen sich dann Frequenzgänge, Gewichts- und Übertragungsfunktionen des Objektes berechnen, die in einem weiteren Rechenschritt in analytische Ausdrücke zu überführen sind, um Kennwerte linearer Objekte zu ermitteln. Auch für diese vereinfachte Methode sind universell programmierbare Digitalrechner nötig, da spezielle Korrelatoren und Auswertegeräte sich nicht durchgesetzt haben.

Diese Ausführungen mögen genügen, um darzulegen, daß die Prozeßanalyse noch in einem Anfangsstadium steckt und Fortschritte nur möglich sind, wenn große Datenmengen schnell, regelmäßig und zuverlässig verarbeitet werden können. Für die weitere Zukunft werden sich wahrscheinlich auch Verfahren als nützlich erweisen, die im technischen Bereich Lernvorgänge realisieren und damit in die gesamte Prozeßanalyse und Prozeßregelung eine neue Qualität einführen. Dafür sind jedoch mit Sicherheit Rechner notwendig, deren Speicherkapazitäten wesentlich größer sind als sie bisher für Prozeßrechner angesetzt wurden.

III. Die Synthese von Regelungs- und Rechentechnik

Der praktische Ablauf bei Einsatz prozeßgekoppelter Digitalrechner wird unseres Erachtens folgende Etappen umfassen, die in verschiedener chronologischer Reihenfolge auftreten, sich gegenseitig beeinflussen und auch teilweise entfallen können.

1. Konventionelle Ausrüstung des Prozesses mit BMSR-Geräten unter Berücksichtigung weiterer Anschlußmöglichkeiten;
2. Zentralisierung und Normierung der wesentlichen Meßwerte und Zustandssignale;
3. Programmierte Übernahme der Meßwerte in den Digitalrechner zum Journaldruck, zur Bilanzierung und Überwachung und zur Kenngrößenberechnung;
4. Programmierung des Rechners für Führungsgrößenberechnung und direkte digitale Regelung (DDC);
5. Nutzung des Rechners für eine automatische Optimierung;
6. Programmierung einer Methode der ständigen Prozeßanalyse;
7. Programmierung und Realisierung von An-, Abfahr- und Havariestrategien;
8. Ständige Verfeinerung und Ergänzung der Programme durch den Betreiber.

Setzt sich die Prozeßrechentechnik etwa in der geschilderten Form durch, worüber heute jedoch nur Prognosen möglich sind, so hat das für die BMSR-Technik weitere Konsequenzen:

1. Die Anlagen müssen mit Meß- und Stellgeräten sowie Signalgebern ausgerüstet werden, die für Rechnerbetrieb geeignet sind.
2. Der Prozeßrechner muß so ausgelegt werden, daß schrittweise höhere Regelungs- und Steuerungsalgorithmen verwirklicht werden können.
3. Der Anlagenbaubetrieb wird den Prozeßrechner nur mit einigen Grundprogrammen übergeben und in Betrieb nehmen können;
4. Der Anwender muß mit seiner eigenen Automatisierungsgruppe die Prozeßanalyse vornehmen, die Optimierungsfragen untersuchen und programmieren sowie die Havariestrategien verwirklichen.

Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, daß in Zukunft der Anwender keine endgültige Anlage erhält, die er nur zu bedienen, warten und reparieren hat, sondern daß er ein ausbaufähiges System erhält, welches im Laufe der Jahre im wesentlichen durch seine eigene geistige Arbeit zu einem hochwertigen, ökonomischen Instrument der Betriebsführung wird. Im übertragenen Sinne ausgedrückt liefert die BMSR-Technik dem Betreiber ein Fahrzeug (BMSR-Anlage, Warte und Rechner), führt eine Fahrschule durch (Lehrgänge, Betriebsanleitungen und Grundprogramme) und führt weiterhin eine beratende Funktion aus. Mit welchem Geschick und auf welchen Straßen und Wegen der technischen und ökonomischen Wissenschaft dieses Fahrzeug dann eingesetzt wird, bleibt dann eine ureigene Aufgabe des Benutzers. Die Güte einer BMSR-Anlage wird in Zukunft neben der Zuverlässigkeit und Wartungsarmut im wesentlichen danach beurteilt werden, wie anpassungs- und ausbaufähig die Anlage für derartige automatische Optimierungs- und Adaptierungsvorhaben sein wird.

Die Nutzung der digitalen Rechentechnik in der Gestalt von Prozeßrechnern für Automatisierungsaufgaben stellt auch an das Wissen der Automatisierungsingenieure neue Anforderungen. Diese betreffen:

1. Das Umdenken von der analogen Betrachtungsweise in die zeitmultiplexe Betrachtungsweise der digitalen Rechentechnik, die darin zum Ausdruck kommt, daß z. B. Differentialgleichungen als Differenzengleichungen, Integralgleichungen als Summengleichungen, viele Funktionen als Reihenentwicklungen anzusetzen sind und Integrationen über zeitfreie Variable leicht möglich sind.
2. Die zeitmultiplexe Übernahme, Verarbeitung und Ausgabe diskreter Werte bringt neuartige dynamische Verhaltensweisen mit sich. Die für stetige Regler üblichen Einstellformeln und Stabilitätskriterien sind hierbei meist nicht mehr verwendbar.

Diese Sachlage führt zu der aus der Funktionstheorie entstandenen erweiterten Laplace-Transformation, der sogenannten z-Transformation. Dieses Verfahren gestattet, Taster und Halteglieder in ihrem Zusammenwirken mit den bisher üblichen Regelkreisgliedern zu beschreiben und interessierende Werte des Systems zu den Tastzeitpunkten zu bestimmen. (Bild 12a) und b))

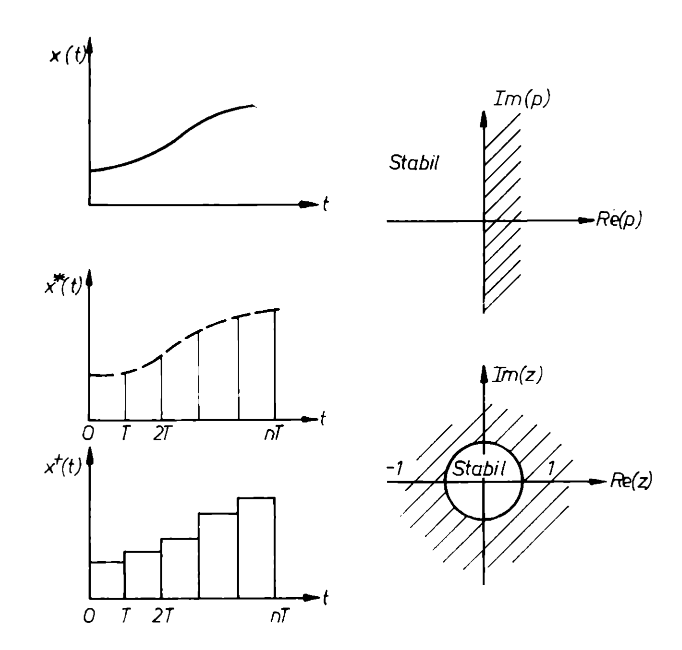


Bild 12: a) Tast- und Haltefunktion
b) Lage der Pole für ein stabiles Übertragungsglied

Taster und Haltglieder sind jedoch die Elemente, die gerade das dynamische Verhalten von Prozeßrechnern maßgeblich bestimmen. Die bereits bei der normalen Laplace-Transformation erwähnten Schwierigkeiten für die Ingenieurpraxis bestehen hier ebenfalls. Diese Schwierigkeiten werden bei realen Aufgaben schnell so groß, daß auch hierfür wiederum maschinelle Rechenhilfsmittel eingesetzt werden müssen. Der Analogrechner UNIMAR II wurde z. B. eingesetzt, um das Verhalten derartiger Tastsysteme zu untersuchen. Das Beispiel in Bild 13 zeigt die Simulation eines PID-DDC-Reglers. Für diese Aufgabe war es notwendig, den Analogrechner zusammen mit einem Logik-Netzwerk als hybride Einrichtung zu betreiben. Für grundsätzliche Streckentypen können so Diagramme erarbeitet werden, die als Arbeitsblätter den Automatisierungsingenieuren zur Verfügung stehen werden. Für noch schwierigere Strukturen ist jedoch auch hier ein anderes Verfahren notwendig, wobei Digital- und Analogrechner im Simultanbetrieb gekoppelt betrieben werden. Dabei ist im Analogrechner dann im allgemeinen das Modell des Objektes programmiert, während im Digitalrechner der Steuerungs-, Regelungs- oder Optimierungsalgorithmus programmiert wird. In letzter Zeit wird in der Literatur auch über dynamische Objektsimulationen mit Digitalrechnern berichtet. (Bild 13)

Diese Ausführungen mögen genügen, um darzulegen, daß einer wirkungsvollen Nutzung neuer und alter Theorien für die Automatisierung industrieller Verfahrensprozesse nur näherzukommen ist, wenn u. a. die digitale Prozeßrechentechnik zum

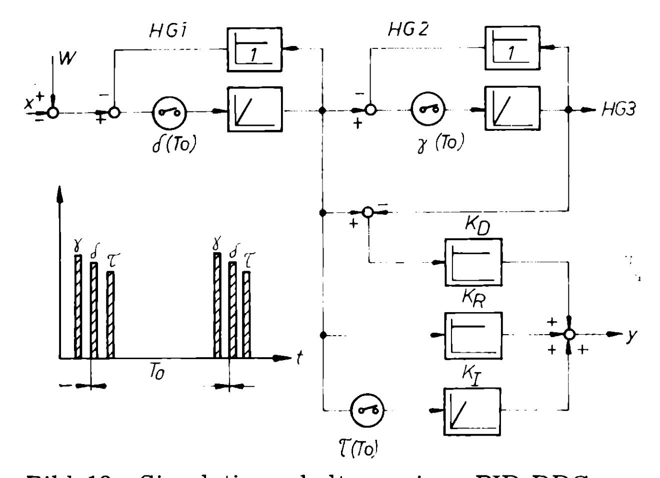


Bild 13: Simulationsschaltung eines PID-DDC-Reglers für Analogrechner
HG: Halteglieder
K_R, K_I, K_E: Reglerparameter

Bestandteil der BMSR-Technik wird. Daraus werden sich weitere Konsequenzen für die Gewinnung und Darstellung der Meßwerte (evtl. Frequenzmodulation und drahtlose Übertragung) und die Beeinflussung der Objekte durch numerische Rechnersignale ergeben (Schrittmotore und inkrementelle Steuerungen).

Literatur

1 Krochmann — Jahresübersicht der Steuerungs- und Regelungstechnik VDI-Zeitschrift 106 (1964), 20, S. 879–896

2 Zypkin — Die absolute Stabilität nichtlinearer Impulsregelsysteme Regelungstechnik 11 (1963), 4, S. 146–148

3 Steinbuch, Wagner — Neuere Ergebnisse der Kybernetik Oldenbourg-Verlag, München 1964

4 Risak, V. — Lernprozesse in Automaten E. u. M., Wien 8 2(1965), S. 417–421

FUCHS, H.

ÜBERSICHT ÜBER MÖGLICHKEITEN DER OPTIMALEN EINSTELLUNG VON REGELKREISEN

1. Problem der Optimierung

Eine Regelaufgabe optimal zu lösen, bedeutet, ein möglichst günstiges Verhältnis herzustellen zwischen dem technischen Aufwand und der erreichbaren Güte der betreffenden Regelung. Die Optimierung in der Regelungstechnik ist, wie jedes andere Optimierungsproblem auch, eine rein wirtschaftliche Angelegenheit, die dann allerdings wieder mit technischen Mitteln und Methoden gelöst wird. Jede Abweichung von dem Optimum verursacht Kosten, und die zu vermeiden, ist ja bekanntlich der Sinn einer Regelung.

Der Entwicklungsstand des synthetischen Aufbaus von Regelungsanlagen ist zur Zeit noch nicht erreicht. Heute vereinfacht sich das Problem oft noch dadurch, daß die Regelanlage als gegeben anzusehen ist, die dann nach bestimmten Kriterien zu optimieren, oder besser optimal einzustellen ist. Um eine Regelung unter optimalen Bedingungen betreiben zu können, muß die Güte einer Regelung definiert werden. Ein allgemeines Gütekriterium ist bis jetzt noch nicht gefunden worden. In der Literatur sind viele Gütekriterien angegeben worden, von denen sich aber nur wenige durchgesetzt haben. Im folgenden sollen einige Gütekriterien diskutiert werden.

2. Gütekriterien

2.1 Integralkriterien

Als die wichtigsten Integralkriterien haben sich die lineare und die quadratische Regelfläche erwiesen. Sie sollen deshalb auch etwas ausführlicher behandelt werden.

2.11 **Lineare Regelfläche** (Lineares Optimum)

Die mathematische Schreibweise für die lineare Regelfläche ist

$$F_1 = \int_0^\infty x_w(t)\,dt, \tag{1}$$

wobei $x_w(t)$ die Regelabweichung bedeutet. Bild 1 illustriert die lineare Regelfläche für eine Laststörung und Bild 2 für eine Sollwertstörung. Für letzteren Fall lautet das Integral der linearen Regelfläche

$$F_1 = \int_0^\infty (x_w(t) - x_\infty)\,dt \tag{2}$$

Der schraffierte Teil in den Bildern 1 und 2 stellt den Wert des Integrals dar.

Für ein Optimum muß nun diese lineare Regelfläche ein Minimum werden, also

$$F_1 := \int_0^\infty x_w(t)\,dt \rightarrow \text{Min.} \tag{3}$$

Ist der zeitliche Verlauf der Regelabweichung bekannt, so kann das Integral direkt ausgewertet werden. Ist nur das Übertragungsverhalten, z. B. durch den komplexen Frequenzgang, bekannt, so kann man aus diesem die lineare Regelfläche bestimmen.

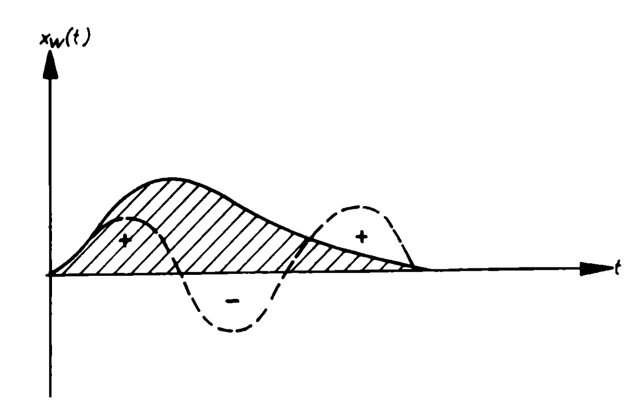


Bild 1

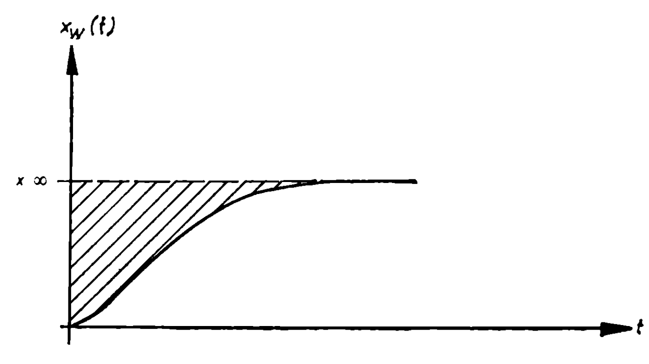


Bild 2

Ist der Störfrequenzgang

$$F_Z = \frac{x(p)}{Z(p)} = \frac{1}{F_R + \frac{1}{F_s}}$$

mit F_R: Frequenzgang des Reglers und F_s: Frequenzgang der Strecke gegeben, so kann man $x(p)$ den Verlauf der Regelabweichung im Unterbereich,, bestimmen:

$$x(p) = z(p) \cdot F_Z(p) = \frac{b_m p^m + \cdots + b_1 p + b_0}{a_n p^n + \cdots + a_1 p + a_0}; \quad n > m \tag{4}$$

Wie in [1] gezeigt wurde, ist dann die lineare Regelfläche

$$F_1 = \frac{b_0}{a_0} \qquad (5)$$

Da sich bei der linearen Regelfläche die negativen Flächenstücke von den positiven subtrahieren, würde der Fall der Dauerschwingungen eine optimale Einstellung bedeuten (Bild 1).

Ohne zusätzliche, einschränkende Vorschriften, z. B. über den Charakter der Dämpfung, ist das Kriterium der linearen Regelfläche nicht zu verwenden.

2.12 Quadratische Regelfläche (Quadratisches Optimum)

Die Formulierung des quadratischen Optimums lautet für eine Laststörung

$$F_2 = \int_0^\infty x_w^2(t)\, dt \rightarrow \text{Min.} \qquad (6)$$

und für eine Sollwertstörung

$$F_2 = \int_0^\infty (x_w(t) - x_\infty)^2\, dt \rightarrow \text{Min.} \qquad (7)$$

Zur Erläuterung dienen die Bilder 3 und 4.

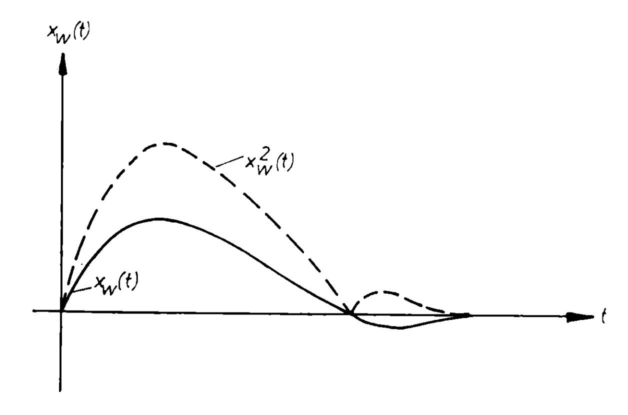


Bild 3

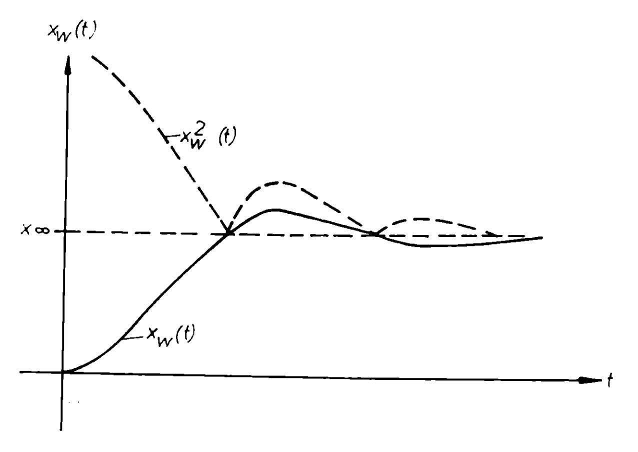


Bild 4

Das quadratische Optimum beseitigt alle die Mängel, die dem linearen Optimum anhafteten. Allerdings ist die Berechnung der quadratischen Regelfläche oft recht kompliziert, selbst dann, wenn man nicht erst den zeitlichen Verlauf der Regelabweichung bestimmt, sondern das Integral bereits im Unterbereich löst, wenn der Frequenzgang bekannt ist. Über spezielle Methoden, die quadratische Regelfläche zu berechnen, wird in [2] und [3] berichtet. Ein verallgemeinertes quadratisches Optimum wurde von Feldbaum angegeben, das das quadratische Optimum als Spezialfall enthält [4].

Abschließend sei gesagt, daß das quadratische Optimum auch ISE-Bedingung genannt wird.

2.13 Weitere Integralkriterien

Die weiter bekanntgewordenen Integralkriterien sollen im folgenden nur angegeben werden, da sie zu einem Vergleich mit dem linearen und quadratischen Optimum in Punkt 2.14 herangezogen werden sollen [5].

$$F_3 = \int_0^\infty t\, |\, x_w(t)\, |\, dt\,; \quad \text{ITAE-Bedingung} \qquad (8)$$

$$F_4 = \int_0^\infty t\, |\, x_w(t)\, |\, dt\,; \quad \text{IAE-Bedingung} \qquad (9)$$

$$F_5 = \int_0^\infty t \cdot x_w^2(t)\, dt\,; \qquad (10)$$

$$F_6 = \int_0^\infty t^2 x_w(t)\, dt\,; \qquad (11)$$

$$F_7 = \int_0^\infty t^2 x_w(t)\, dt\,: \qquad (12)$$

$$F_8 = \int_0^\infty t^2 x_w^2(t)\, dt\,; \qquad (13)$$

$$F_9 = \int_0^\infty t^2\, |\, x_w(t)\, |\, dt\,: \qquad (14)$$

Alle diese Integrale F_3 bis F_9 müssen für optimale Bedingungen ein Minimum werden.

2.14 Vergleich der Integralkriterien

Werden alle neun angegebenen Integralkriterien auf ein System 2. Ordnung mit der Übertragungsfunktion

$$F(p) = \frac{1}{p^2 + 2\,\xi\, p + 1} \qquad (15)$$

angewandt, so erhält man in Abhängigkeit des Dämpfungsfaktors ξ für jedes Kriterium eine Kurve, die in den Bildern 5 und 6 dargestellt sind. Dieser Vergleich wurde [5] entnommen.

Aus den Bildern erkennt man, daß die Kriterien eine verschiedene Selektivität besitzen und auch die Lage des Minimums Verschiedenheiten aufweist. Das hat dazu geführt, daß für verschiedene Probleme verschiedene Kriterien angewandt werden; das hat überhaupt zu dieser Vielfalt der Kriterien geführt.

Obwohl die Kriterien F_3 bis F_9 Gl. (8) bis (14) gute Selektivität und Zuverlässigkeit besitzen, werden sie selten angewandt, da ihre Handhabung kompli-

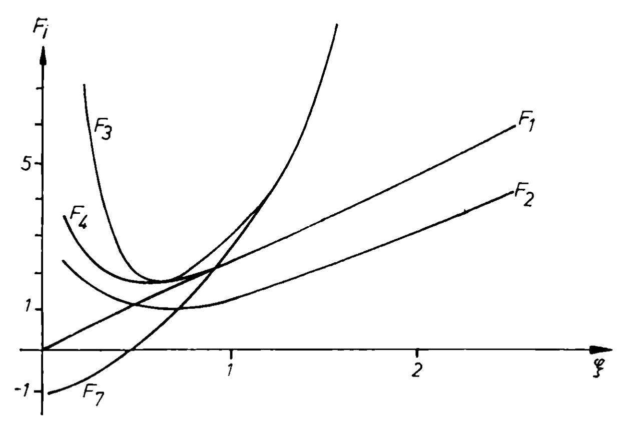


Bild 5

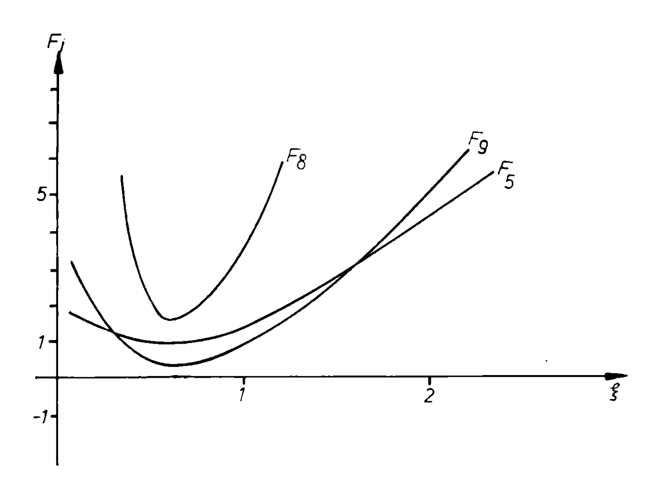


Bild 6

ziert ist. Selbst das quadratische Optimum F_2 ist für die Anwendung der Praxis zu schwierig, zumal es unnötig ist, den optimalen Punkt der Einstellung sehr genau zu berechnen, da die Endabstimmung doch an der Anlage gemacht werden sollte, weil man in der Rechnung Vernachlässigungen treffen muß (zum Beispiel Form der Störung), die in der Praxis nicht ganz zutreffen. Das hat dazu geführt, andere Kriterien anzuwenden, die nicht durch Integrale ausgedrückt werden. Diese sollen im folgenden behandelt werden.

2.2 Optimale Einstellung nach dem Dämpfungsverhalten

Diese Methode ist nur für Systeme 2. Ordnung exakt anzuwenden. Bei Systemen 3. Ordnung kann man dieses in ein System 2. Ordnung und in eins 1. Ordnung verlegen. Dann kann man das Kriterium auf den Anteil 2. Ordnung anwenden.

Das Kriterium beruht darauf, daß man sich ein gewünschtes Einschwingverhalten an Hand der Übergangsfunktion vorgibt. Im Bild 7 sind die Übergangsfunktionen für ein System 2. Ordnung für verschiedene Dämpfungen D für Sollwertstörungen dargestellt.

Ist die Differenzialgleichung des Systems 2. Ordnung in Operatorenform gegeben

$$(p^2 + 2\,D\omega_0\,p + \omega_0^2)\,x_a = x_e \tag{16}$$

dann wird das Einschwingverhalten durch die Dämpfungskonstante D festgelegt:

$D > 1$	Krichfall
$D = 1$	aperiodischer Grenzfall
$D < 1$	Schwingfall

Ein gutes Ergebnis liefert $D = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}707$ (s. Bild 7). Dieses Kriterium wird oft als Zusatzbedingung zur linearen Regelfläche verwendet.

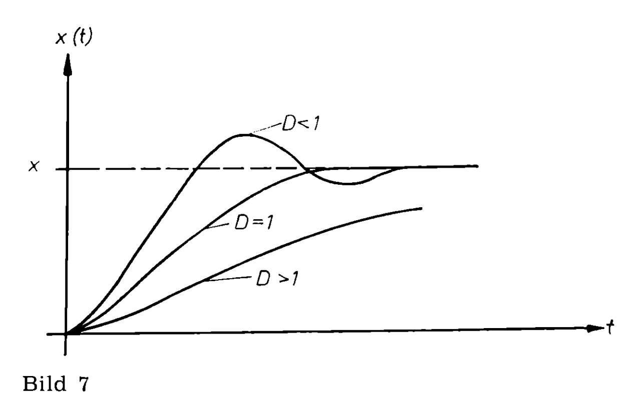


Bild 7

2.3 Praktisches Optimum

Das Praktische Optimum wurde von Satorius, H. in [6] und gemeinsam mit R. Oldenbourg in [10] angegeben. Es vereinigt in sich die Vorteile des quadratischen Optimums und eine einfachere Berechnung des linearen.

Hier sollen nur die Optimierungsbedingungen des Praktischen Optimums angegeben werden. Eine ausführliche Darstellung befindet sich in [6], [10] und [13].

Aus dem Störfrequenzgang $F_Z = \frac{x(p)}{Z(p)}$ errechnet man den Verlauf der Regelgröße im Unterbereich $x(p)$

$$x(p) = \frac{b_m p^m t \cdots b_1\,p + b_0}{a_n p^n + \cdots + a_1\,p + a_0}; \quad m < n \tag{17}$$

Dann ist das Amplitudenspektrum mit $p = j\omega$

$$|\,x(p)\,|^2 = x(j\omega)\cdot x(-j\omega) = x(\omega^2)$$

$$x(\omega^2) = \frac{B_m\,\omega^{2m} + \cdots + B_1\,\omega^2 + B_0}{A_n\,\omega^{2n} + \cdots + A_1\,\omega^2 + A_0} \tag{18}$$

wobei sich die Konstanten wie folgt berechnen.

$B_0 = b_0^2$ $\qquad A_0 = a_0^2$

$B_1 = b_1^2 - 2\,b_0 b_2$ $\qquad A_1 = a_1^2 - 2\,a_0 a_2$

$B_2 = b_2^2 - 2\,b_1 b_3 + 2\,b_0 b_4$ $\qquad A_2 = a_2^2 - 2\,a_1 a_3 + 2\,a_0 a_4$

$B_{m-1} = b_{m-1}^2 - 2\,b_{m-2} b_m$ $\qquad A_{n-1} = a_{n-1}^2 - 2\,a_{n-1} a_n$

$B_m \;= b_m^2$ $\qquad A_n \;= a_n^2$

Die Optimierungsvorschrift lautet dann:

Bei K Freiheiten des Systems (K einzustellende Parameter) müssen die ersten K Abteilungen (bei $\omega = 0$) des Amplitudenspektrums (18) verschwin-

den. Das wird erreicht, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind.

$$\frac{B_1}{A_1} = \frac{B_2}{A_2} = \cdots = \frac{B_{K-1}}{A_{K-1}} = \frac{B_K}{A_K} = \frac{B_0}{A_0} \qquad (19)$$

Aus (19) ergeben sich die Optimierungsbedingungen, die als Gleichungssystem anfallen. Dieses Kriterium hat den Vorteil, daß es die Anfangsbedingungen weitgehend berücksichtigt. Ein Vergleich des praktischen Optimums (2) und dem linearen (1) und quadratischen (3) ist in Bild 8 gezeigt.

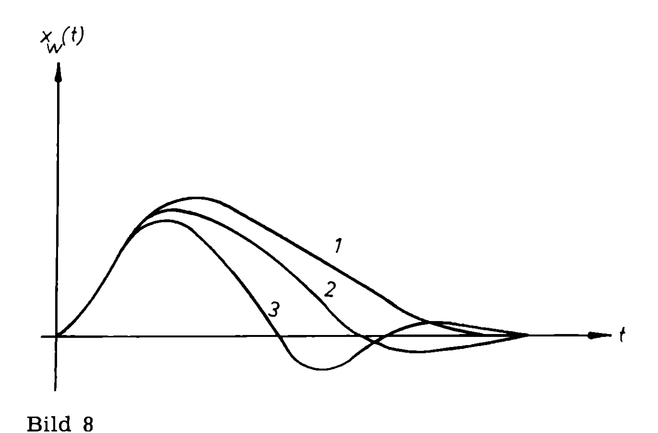


Bild 8

2.4 Das Betragsoptimum

Das Betragsoptimum wurde von C. Keßler in [7] angegeben. Auch dieses Kriterium versucht die rechnerischen Schwierigkeiten des quadratischen Optimums zu umgehen, aber dessen Allgemeinheit zu übernehmen. Ist $F_W = \frac{F_0}{1 + F_0}$ der Führungsfrequenzgang und F_0 der Frequenzgang des aufgeschnittenen Kreises, so kann man den Betrag

$$G(w) = (F_w(jw))$$

bilden.

$$G^2(\omega) = F(j\omega) \cdot F(-j\omega) = H(\omega^2) = H(x) \qquad (20)$$

Die Forderungen an $H(x)$

$$\begin{aligned} &1. \; x \to 0 ; \quad H(x) \to 1 \\ &2. \; \frac{d}{dx} H(x) \to 0 \qquad = 1, 2 \ldots \end{aligned} \qquad (21)$$

stellen die Optimierungsvorschriften dar, nach denen zu verfahren ist [7] und [13].

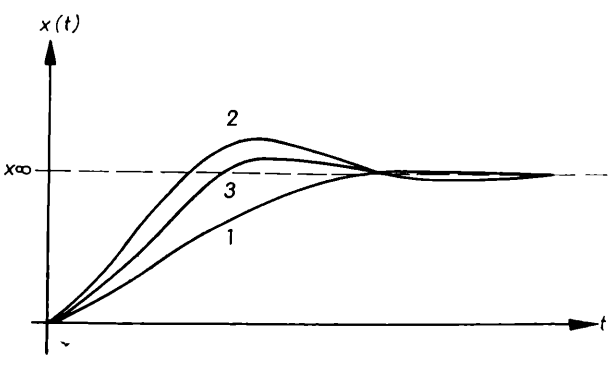


Bild 9

Aus Gl. (21) sehen wir, daß C. Keßler den gleichen Grundgedanken verfolgte, wie H. Satorius bei dem Praktischen Optimum, indem er die gleichen Forderungen an den Betrag des Frequenzganges stellt. Die Anfangsbedingungen werden bei diesem Kriterium nicht berücksichtigt.

In [7] ist ein Vergleich mit dem linearen Optimum F_1 und dem quadratischen Optimum F_2 angegeben, der hier in Bild 9 wiedergegeben ist (Kurve 3 Betragsoptimum). Dieses Kriterium dient zur Optimierung des Führungsverhaltens.

2.5 Das Symmetrische Optimum

Dieses Optimierungsverfahren wurde von C. Keßler in [8] angegeben. Durch das Einführen von Ersatzfunktionen wird eine mathematisch einfache Handhabung für das Optimierungsproblem in der Regelungstechnik angegeben. Dieses Optimierungsverfahren eignet sich besonders für Behandlung der Probleme mit Hilfe der Frequenzkennlinien [14]. Es ist auch geeignet, mehrschleifige Regelungen zu optimieren.

Wird der Frequenzbereich des geschlossenen Regelkreises in der Form

$$F_{g(p)} \approx \frac{1 + p\frac{\tau}{n}}{1 + p\frac{\tau}{n} + p^2\frac{\tau}{n} \cdot T_i(1 + p\Sigma t_\mu)} \qquad (22)$$

gegeben und sind Σt_λ Kennwerte der Strecke, so lauten die Bemessungsvorschriften für T_i und τ

$$\begin{aligned} T_i &= 2\Sigma t_\mu \\ \tau &= 2n \cdot T_i \end{aligned} \qquad (23)$$

Als Beispiel sei ein PI-Regler

$$F_R = \frac{1 + p}{pT_i'}$$

an einer Strecke

$$F_S = \frac{K}{(1 + pT)\,\Pi(1 + pt_\mu)}$$

gegeben.

Mit $T_i = T_i' \cdot \frac{T}{\tau \cdot V}$ lauten die Bemessungsvorschriften

$$\begin{aligned} \tau &= 4\Sigma t_\mu \\ T_i' &= 2 \cdot V \cdot \Sigma t_\mu \frac{\tau}{T} \end{aligned}$$

Das Symmetrische Optimum liefert für die Laststörung eine Übergangsfunktion nach Bild 10, vergleichbar mit der des Betragsoptimums.

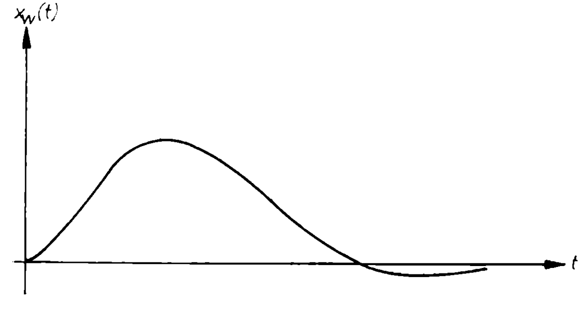


Bild 10

3. Anwendung der Optimierungskriterien

Aus der Minimumsbedingung oder Optimierungsbedingung sollen die Einstellwerte der Regeleinrichtung in Abhängigkeit der Streckenkennwerte bestimmt werden.

3.1 Anwendung auf ein System 2. Ordnung ohne Totzeit

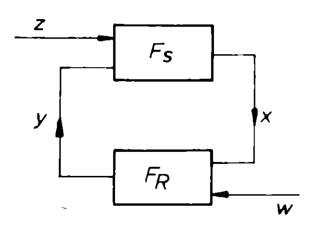


Bild 11

Es soll ein System nach Bild 11 untersucht werden, mit

$$F_S(p) = \frac{K_S}{T_S p + 1}$$

$$F_R(p) = \frac{K_R}{p}$$

Mit diesen Werten wird: $F_Z(p) = \dfrac{1}{F_R + \dfrac{1}{F_S}}$

$$F_Z(p) = \frac{p \cdot K_S}{p(T_{sp} + 1) + K_R K_S}\,; \quad \text{Störfrequenzgang} \qquad (24)$$

$$F_W(p) = \frac{K}{K + p\,(T_s p + 1)}\,; \quad \text{Führungsfrequenzgang} \qquad (25)$$

Optimiert man auf Störung, so geht man von $F_Z(p)$ aus und muß die Regelgröße im Zeitbereich berechnen, um die Integralkriterien anwenden zu können.

$$F_Z(p) = \frac{x(p)}{Z(p)}\,; \quad x(p) = Z(p) \cdot F_Z(p)\,; \quad Z(t) = 1(t)$$

$$Z(p) = \frac{1}{p}$$

Die Regelgröße im Unterbereich ist dann:

$$x(p) = \frac{K_S}{T_{sp}^2 + p + K_S K_R} \qquad (26)$$

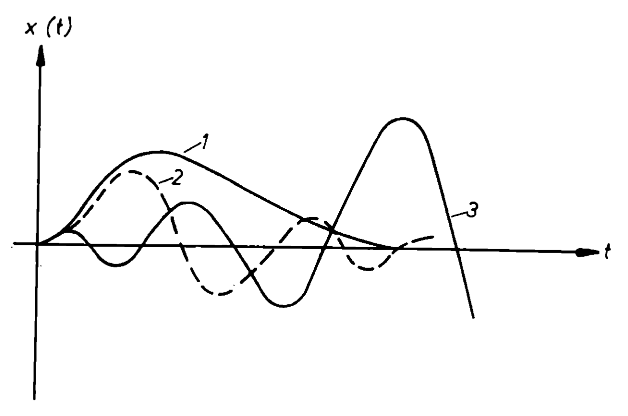


Bild 12

Die Rücktransformation in den Zeitbereich ergibt

$$x(t) = \frac{K_S}{T_S} \frac{e^{-at} - e^{-bt}}{b - a} \qquad (27)$$

Für reelle Werte von a und b erhält man die Form 1 für $x(t)$ in Bild 12; für a und b komplexe Werte erhält man für negativen Realteil Kurve 2, für positiven Realteil Kurve 3.

$x(t)$ benötigt man im allgemeinen zur Auswertung in Integralkriterien.

3.1.1 Anwendung der linearen Regelfläche

Zunächst soll das Integral

$$F_1 = \int_0^\infty x(t)\, dt$$

direkt ausgewertet werden. Mit Gl. (27) ergibt sich als Optimierungsbedingung

$$F_1 = \frac{K_S}{T_S(b - a)} \int_0^\infty (e^{-at} - e^{-bt})\, dt \rightarrow \text{Min.} \qquad (28)$$

$$F_1 = \frac{1}{K_R} \qquad (29)$$

Rechnet man die lineare Regelfläche nach Gl. (28) aus, so erhält man zunächst

$$x(p) = \frac{K_S}{T_{sp}^2 + p + K_S K_R}$$

und nach Gl. (5)

$$F_1 = \frac{b_0}{a_0} = \frac{K_S}{K_S K_R} = \frac{1}{K_R}$$

also das gleiche Ergebnis wie in Gl. (29).

Das bedeutet, daß F_1 um so kleiner wird je größer K_R, der Übertragungsfaktor des Reglers, ist. Da in unserem Falle $K_R = \dfrac{1}{T_i}$ ist, bedeutet das $F_1 \rightarrow 0$; wenn $T_i \rightarrow 0$.

(Zusätzliche Betrachtungen des Dämpfungsverhaltens siehe Punkt 3.1.4.)

3.1.2 Anwendung des quadratischen Optimums

Nach Gleichung (6) lautet die Optimierungsbedingung in diesem Spezialfall für Störung

$$F_2 = \frac{K_S^2}{T_s^2(b - a)^2} \int_0^\infty (e^{-at} - e^{-bt})^2\, at \rightarrow \text{Min.} \qquad (30)$$

Die Auswertung des Integrals ergibt

$$F_2 = \frac{K_S}{2\,K_R} \rightarrow \text{Min.} \qquad (31)$$

Da K_S von der Strecke fest vorgegeben ist, kann nur K_R variiert werden, es gilt das Gleiche wie unter 3.1.1.

3.1.3 Anwendung der ITAE-Bedingung

Nach Gl. (8) ergibt sich die Optimierungsbedingung zu

$$F_3 = \frac{K_S}{T_s(b-a)} \int_0^x t(e^{-at} - e^{-bt})^2\, dt \to \text{Min.} \tag{32}$$

Die Auswertung ergibt

$$F_3 = \frac{1}{K_S K_R} \to \text{Min.} \tag{33}$$

Das Minimum bedeutet auch hier wieder $K_R \to \infty$.

3.1.4 Optimierung nach dem Dämpfungsverhalten

Aus $F_Z(p)$ erhält man die Differentialgleichung

$$\left(p^2 + \frac{1}{T_s}\, p + \frac{K_R K_S}{T_s}\right) x = p \;\; K_S \cdot Z \tag{34}$$

Der Vergleich mit der Normalform ergibt

$$\omega_0 = \frac{K_R K_S}{T_S}$$

und

$$D = \frac{1}{2\sqrt{K_R \cdot K_S \cdot T_S}} \tag{35}$$

Aus Gl. (35) ergibt sich die optimale Einstellregel zu

$$K_R = \frac{1}{4\,D^2\, T_S\, K_S} \tag{36}$$

Gibt man sich die gewünschte Dämpfung vor, so kann man das dazugehörige K_R berechnen. Bei dieser Bedingung wird auch T_S, die Zeitkonstante der Strecke, berücksichtigt.

3.1.5 Anwendung des Praktischen Optimums

Aus $x(p)$ Gl. (26) entnehmen wir $a_0 = K_S K_S$, $a_1 = 1$ und $b_0 = K_S$ und berechnen

$$A_0 = (K_S K_R)^2 \qquad B_0 = K_S^2$$

$$A_1 = 1 - 2\, K_S K_R T_S$$

Diese Optimierungsbedingung lautet dann mit Gl. (19)

$$A_0 B_1 = A_1 B_0$$

$$K_S^2 (1 - 2\, K_S K_R T_S) = 0$$

$$K_R = \frac{1}{2\, T_S K_S} \tag{37}$$

Gleichung (37) liefert die optimale Einstellung des Reglers nach dem Praktischen Optimum, wenn die Streckenkonstanten T_S und K_S bekannt sind.

3.1.6 Anwendung des Betragsoptimums

Die Gl. (25) und (20) liefern $H(x)$ zu

$$H(x) = \frac{K_S^2 K_R^2}{(K_S K_R)^2 + x(1 - 2\, K_S K_R T_S) + x^2 T_S^2} \tag{38}$$

Die Bedingung 1 nach Gl. (2) ist erfüllt, denn für $x = 0$ ist $H(x) = 1$. Die Bedingung 2 liefert $H'(x) = 0$

$$-\,K_S K_R^2 (1 - 2\, K_S K_R T_S) = 0$$

$$K_R = \frac{1}{2\, T_S K_S} \tag{39}$$

also das gleiche Ergebnis wie Gl. (37).

3.1.7 Vergleich der Ergebnisse

Die Ergebnisse sollen in eine Tabelle zusammengefaßt werden:

Nr.	Kriterium	Einstellregel	
1.	Lineares Optimum	$F_1 = \frac{1}{K_R}$;	$K_R \to \infty$
2.	Quadratisches Optimum	$F_2 = \frac{K_S}{2\,K_R}$;	$K_R \to \infty$
3.	ITAE-Bedingung	$F_3 = \frac{1}{K_S K_R^2}$;	$K_R \to \infty$
4.	Dämpfungsverhalten	$K_R = \frac{1}{4\,D^2 K_S T_S}$	
5.	Betragsoptimum	$K_R = \frac{1}{2\,K_S T_S}$	
6.	Praktisches Optimum	$K_R = \frac{1}{2\,K_S T_S}$	

Für eine Dämpfung $D = \frac{1}{\sqrt{2}}$ ergeben die letzten 3 Kriterien die gleichen Einstellregeln, genau wie die 3 Integralkriterien in diesem Falle alle $K_R \to \infty$ fordern.

Als günstigstes Optimierungskriterium kann das Praktische Optimum angesehen werden, da es einfach in seiner Handhabung und auf alle Probleme universell anwendbar ist, ohne zusätzliche Einschränkungen. Aus diesem Grunde sollen die nächsten Beispiele nur noch nach dem Praktischen Optimum untersucht werden.

3.2 Anwendung des Praktischen Optimums auf ein System 3. Ordnung

Gegeben sei ein System mit den Frequenzlängen

$$F_S(p) = \frac{K_S}{T_S p + 1}$$

und

$$F_R(p) = \frac{K_R}{T_i\, p\, (T_R\, p + 1)}$$

Die Regelgröße im Unterbereich $x(p) = F_Z(p) \cdot Z(p)$ ergibt sich zu

$$x(p) = \frac{K_S T_i T_R p + T_i K_S}{T_i T_S T_R p^3 + T_i(T_R + T_S)\, p^2 + T_i p + K_R K_S} \tag{40}$$

Daraus berechnen sich die Konstanten von $x(u^2)$ zu

$$B_0 = K_S^2 T_i^2 \qquad A_0 = K_S^2 K_R^2$$

$$B_1 = K_S^2 T_i^2 T_R^2 \qquad A_1 = T_i^2 - 2\, K_S K_R T_i (T_R + T_S)$$

$$A_2 = T_i^2 (T_R + T_S)^2 - 2\, T_i^2 T_S T_R$$

$$A_3 = T_i^2 T_S^2 T_R^2$$

Nach den Optimierungsbedingungen Gl. (19) ergibt sich:

1. $B_0 A_2 = 0$

$$T_i^4 (T_R + T_S)^2 - 2\, T_S^2\, T_R = 0 \rightarrow T_S = T_R \qquad (41)$$

2. $B_0 A_1 = A_0 B_1$

$$K_S^2\, T_i^2 \cdot T_i [T_1 - 2\, K_S\, K_R (T_R + T_S)] = K_R^2 \cdot T_i^2\, T_R^2\, T_S^4 \qquad (42)$$

Die Lösung der quadratischen Gleichung unter Berücksichtigung von Gl. (41) lautet

$$T_i - T_i\, 4\, K_S\, K_R\, T_S - K_R^2\, T = 0 \qquad (43)$$

Die Lösung von Gl. (43) ergibt

$$T_{i\frac{1}{2}} = K_R\, T_S (2\, K_S \pm 4\, K_S^2 - 1) \qquad (44)$$

Da sich keine weiteren Bestimmungsgleichungen ergeben, muß bei der Berechnung K_R vorgegeben werden, da nur das Verhältnis von $\frac{T_i}{K_R}$ bestimmt werden kann.

Bei der Berechnung der optimalen Einstellung ist von

$$\frac{T_i}{K_R} = T_S (ZK_S + 4\, K_S^2 - 1) \qquad (45)$$

auszugehen, da das negative Zeichen vor der Wurzel Dauerschwingungen bedeuten würde. Die Einstellregeln sind die Gln. (41) und (45).

3.3 Prüfung der Ergebnisse auf einem Analogrechner

3.3.1 Überprüfung der gefundenen Einstellregeln

Sind die Werte $T_S = 0{,}1$ s und $K_S = 1$, so ergeben sich laut Einstellregel bei dem System 2. Ordnung für eine Laststörung und eine Sollwertstörung Gl. (37) und (39) $K_R = 5$ d. h. $T_i = 0{,}2$ s. Hierzu Oszillogramm Nr. 1 und 2. Das Einschwingen ist als optimal zu bezeichnen und bestätigt die gewonnenen Einstellregeln. (Bild 13 a und b)

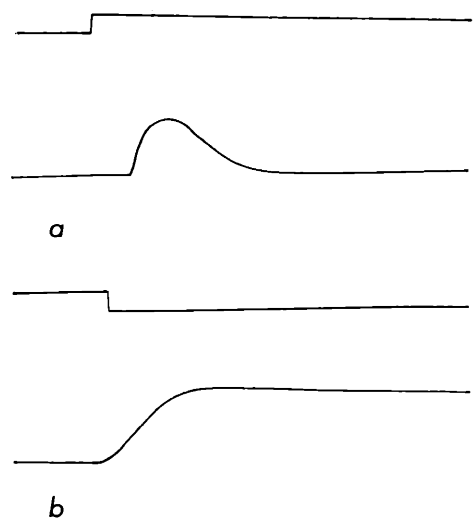


Bild 13 a und b

Bei dem System 3. Ordnung Gl. (41) und (45) ergeben sich folgende einzustellende Werte, wenn man sich $K_R = 1$ vorgibt. $T_R = 0{,}1$ und $T_i = 0{,}37$. Die Ergebnisse am Analogrechner sind für eine Laststörung im Oszillogramm Nr. 3 und für eine Sollwertstörung im Oszillogramm Nr. 4 wiedergegeben. (Bild 13 c und d)

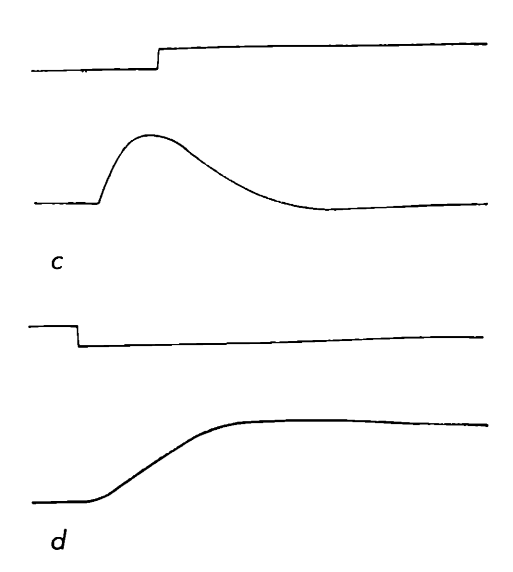


Bild 13 c und d

Diese Ergebnisse bestätigten die gewonnenen Einstellregeln und liefern als Optimum gute Ergebnisse. (Bild 14)

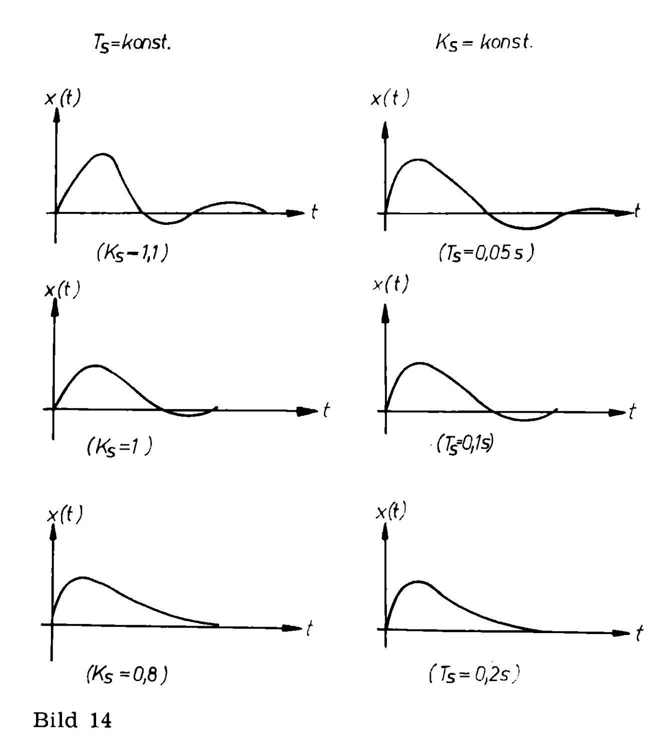


Bild 14

3.3.2 Untersuchung der Schärfe des Minimums der eingestellten Werte

Die folgenden Untersuchungen sollen den Zweck haben, zu prüfen, wie sich Änderungen der Streckenparameter auf das Optimum auswirken, wie

weit ich mich also von der optimalen Einstellung entferne. Diese Untersuchungen wurden auf einem Analogrechner ausgeführt. Es wurden zunächst die optimalen Reglerwerte für ein System 3. Ordnung (s. Punkt 3.2) auf der Nachbildung am Analogrechner eingestellt und danach die Streckenparameter T_S und K_S geändert. Dabei ergaben sich Störübergangsfunktionen nach Bild 13. Diese Übergangsfunktionen stellen jeweils die Grenze der optimalen Einstellung dar. Man ist dabei gezwungen, einen optimalen Bereich zu bestimmen.

Eine Darstellung des optimalen Bereiches ist in den Bildern 15 und 16 gezeigt, in denen der Betrag der eingeschlossenen Regelfläche (als Tendenzskala) gen ist. Die unterschiedlichen Bereiche der optimaüber den Streckenparameter K_S und T_S aufgetralen Einstellung sind deutlich zu sehen.

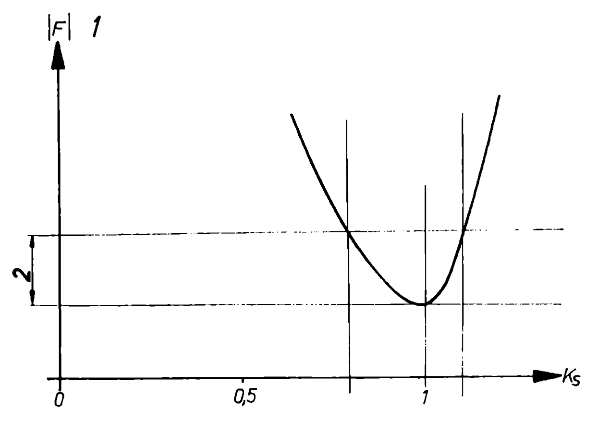


Bild 15

1. Betrag der Regelfläche
2. Optimaler Bereich

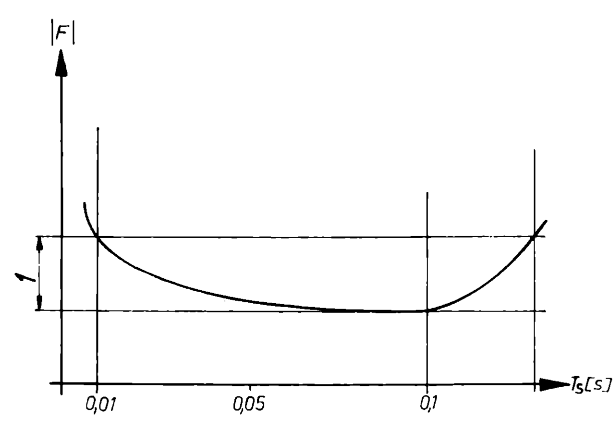


Bild 16

1. Optimaler Bereich

Hat man für ein System diese optimalen Bereiche für die Änderung der Streckenparameter ermittelt, dann kann man eine Einstellung, abweichend von der errechneten, wählen, um zu einer „Optimierung auf Bereich" zu kommen. Die angegebenen Kriterien gestatten nur eine „Optimierung auf Punkt".

4. Zusammenfassung

Es wurden die bekanntesten Optimierungskriterien mit ihren Rechenvorschriften angegeben und gegeneinander abgewogen. Auf ein System 2. Ordnung wurden diese Kriterien angewandt. Bei den Beispielen 3. Ordnung wurde nur noch das Praktische Optimum verwendet, da sich dieses als das günstigste Kriterium erwiesen hat, das zufriedenstellende Ergebnisse liefert.

In diesem Zusammenhang müßte untersucht werden, bis zu welcher Ordnung es noch sinnvoll ist, die optimalen Einstellungen zu berechnen oder aber die Systeme auf einem Analogrechner nachzubilden und am Analogrechner zu optimieren (wobei überschlägige Rechnungen nötig sind). Auch beim Praktischen Optimum steigt der Aufwand an Rechnungen bei Systemen höherer Ordnung stark an, so daß man auch hier Rechner als Hilfsmittel bräuchte. Es erscheint aber sinnvoll, daß Systeme ab 6. Ordnung auf dem Analogrechner simuliert werden.

Im letzten Teil dieses Berichtes wurden die gewonnenen Einstellregeln für die untersuchten Systeme an einem Analogrechner überprüft und die Schärfe des eingestellten Minimums in Abhängigkeit der Änderungen der Streckenparameter betrachtet. Hier müßte noch untersucht werden, wie diese Kurve bei den verschiedenen Kriterien aussehen und welches sich dabei als das günstigste erweist. Unter diesen Gesichtspunkten ist eine „Optimierung auf Bereich" anzustreben.

5. Literatur:

[1] Satorius, H. Das Optimierungsproblem in der Regelungstechnik Regelungstechnik **1** (1953); 74—78.

[2] Hoffmann, R. Beitrag zur Berechnung der quadratischen Regelfläche. Regelungstechnik **6** (1958) 4; 142—145.

[3] Dörr, J. Vereinfachte Bestimmung der quadratischen Regelfläche. Regelungstechnik **5** (1957) 4; 114—118.

[4] Herschel, R. Über ein verallgemeinertes quadratisches Optimum Regelungstechnik **4** (1956) 8; 190—195.

[5] Graham, D. and Lathrop, R. C. The Synthesis of "Optimum" Transient Respouse: Criteria and Standard Forms. Trans. of the American of Electrical Engeneers Port II (1953); S. 273—288.

[6] Satorius, H. Angepaßte Regelsysteme Regelungstechnik **2** (1954); 165—169.

[7] Keßler, C. Über die Vorausberechnung optimal abgestimmter Regelkreise Teil III Regelungstechnik **3** (1955); 40–48.

[8] Keßler, C. Das Symmetrische Optimum Teil I Regelungstechnik **6** (1958) 11; 395–400 Teil II Regelungstechnik **6** (1958) 12; 432–436.

[9] Reißig, R. Kriterien der Regelgüte Zmsr **3** (1960 3; 102–108.

[10] Oldenbourg, R. C. and Satorius, H. A Uniform Approach to the Optimum Adjustment of Control Loops Trans. of the American Society of mechanical Engeneers **76** (1954) Nov. 1265–1279.

[11] Hazebrock, P. and van der Waerden, B. L. Theoretical Consideration on the Optimum Adjustment of Regulators Trans. of the ASME **72** (1950) Apr. 309–315.

[12] Hazebrock, P. and van der Waerden, B. L. The Optimum Adjustment of Regulators Trans. of the ASME **72** (1950) Apr. 317–322.

[13] Leonhard, A. Die selbsttätige Regelung, 2. Auflage Kapitel D Springer Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg 1957

[14] Zemlin, E. Optimierung mit Hilfe der Frequenzkennlinien Zmsr **4** (1961) 8, 315–317.

PANKALLA, H.

VORAUSSETZUNGEN FÜR DEN INDUSTRIELLEN EINSATZ ELEKTRONISCHER MESSWERTVERARBEITUNGS . . .

Der Einsatz von Meßwertverarbeitungsanlagen zur Automatisierung von Produktionsprozessen bringt eine Vielzahl von Problemen mit sich, über die beim Anwender Klarheit bestehen sollte. Es wird darüber berichtet, welche Aufgaben Meßwertverarbeitungsanlagen übernehmen, welche ökonomischen und technisch-organisatorischen Bedingungen erfüllt sein müssen und welche Fragen bei der Projektierung von Meßwertverarbeitungsanlagen eine Klärung erfordern.

1. Einleitung

Die Komplexautomatisierung einer Produktionsanlage ist gekennzeichnet durch die Erfassung und Verarbeitung einer Vielzahl von Prozeßdaten mit hoher Geschwindigkeit und Genauigkeit. Nur elektronische Anlagen sind in der Lage, diese Meßwertverdichtung vorzunehmen. Sie werden je nach Umfang der zu lösenden Aufgaben als Meßwertverarbeitungsanlagen zur Prozeßüberwachung und -bilanzierung oder als Anlagen zur automatischen Prozeßführung bezeichnet.

So faszinierend diese neue Technik auch sein mag, so gilt es doch, Klarheit über die Möglichkeiten und Grenzen der Anwendbarkeit, über technische und ökonomische Voraussetzungen und über die erforderlichen Vorarbeiten für den Einsatz von Meßwertverarbeitungsanlagen zu gewinnen. Häufig ist eine mangelhafte Vorbereitung der Anwendung von Meßwertverarbeitungsanlagen anzutreffen. Unklarheiten über die Voraussetzungen und ungenügende Vorarbeiten können dazu führen, daß sie den gewünschten Nutzeffekt nicht erreichen. Die Umstellung auf elektronische Meßwertverarbeitung ist ein tiefgreifender Prozeß, der sorgfältig und langfristig geplant werden muß.

2. Welche Aufgaben übernehmen Meßwertverarbeitungsanlagen?

Meßwertverarbeitungsanlagen dienen der Automatisierung des Informationsflusses. Für eine optimale Betriebsführung ist es erforderlich, daß Mengen- und Energiebilanzen für die Kostenabrechnung schnell und in geeigneter Form zur Verfügung stehen.

In der Komplexautomatisierung ist es erforderlich, daß Wirtschaftsberichtsbögen zyklisch und kurzfristig zur Verfügung stehen.

Die Voraussetzungen für eine optimale Betriebsführung können daher wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Zyklische Überwachung und Ermittlung aller wichtigen Produktionsvariablen.
2. Zyklische Erstellung von Mengen- und Energiebilanzen für die kurzfristige Kostenabrechnung und die Aufstellung von Wirtschaftsberichtsbögen.

Die bisherige Bilanzierung durch Ablesen von Meßgeräten, Eintragen in vorgedruckte Formulare, das Planimetrieren und die Berücksichtigung von Meßstabsfaktoren in Rechenbüros führte dazu, daß die Ergebnisse für eine optimale Betriebsführung zu spät vorlagen. Größere Entfernungen zwischen den Orten, an denen Meßwerte abgelesen werden, bedeuten unproduktive Arbeitszeit. Die bisherige manuelle Ablesung führt zu spürbaren Fehlern infolge fehlender Gleichzeitigkeit der Meßwerterfassung. In zusätzlichen Arbeitsgängen müssen die abgelesenen Werte von den Formularen in Lochkarten, Lochstreifen oder andere, von Maschinen lesbare Speicher übertragen werden.

Meßwertverarbeitungsanlagen übernehmen folgende Aufgaben:

1. Meßwerterfassung
   a) Abtasten analoger und digitaler Eingänge in wählbarem Zyklus,
   b) Umwandlung der Eingangsgrößen in für die Weiterverarbeitung geeignete Einheiten,
   c) Fehlerprüfung der Eingangskanäle.
2. Alarmgabe
   a) Vergleich mit festen und gleitenden Grenzwerten,
   b) Prüfung der Änderungsgeschwindigkeit von Grenzwerten (Tendenzwertprüfung),

   Auslösen eines Alarmsignals unter Angabe von Uhrzeit und Meßstelle.
3. Meßwertverarbeitung
   a) Anwendung von Korrekturfaktoren oder Eichkurven,
   b) Mittelwertbildung und Integration der Meßgrößen,
   c) Ermittlung von Wirkungsgraden, Mengen- und Energiebilanzen,

   Auslösen von Vorrangsprogrammen,
   Handeingaben von Analysen.
4. Meßwertaufzeichnung
   a) Zyklisches Ausdrucken bestimmter Meßstellen,
   b) Drucken auf Anforderung,
   c) Registrierung von Grenzwert- und Tendenzwertüberschreitungen,
   d) Ausdrucken von Berichtsbögen,

e) Ausgabe von Lochkarten und Lochstreifen zur Speicherung und späteren Verarbeitung,

f) digitale Anzeige einzelner Meßgrößen durch Handanwahl,

g) Ausdrucken von Absolutzeiten, Betriebszeiten und Differenzzeiten.

Der Einsatz von Meßwertverarbeitungsanlagen ist Voraussetzung für den späteren Ausbau zu einer Anlage der automatischen Prozeßführung, d. h. zur automatischen Optimierung des Produktionsprozesses.

3. Wann konventionelle Meßwertverarbeitung — wann elektronische Meßwertverarbeitung?

Die Entwicklung der industriellen Automatisierungstechnik führte in den letzten Jahren mehr und mehr zu einer zentralisierten Anordnung von Reglern, Leitgeräten und Schreibern in Warten aus Gründen der besseren Unterbringung der Geräte, der leichteren Wartung, der besseren Übersicht über den Prozeß, der leichteren manuellen Bedienung und der einfacheren Durchführung von Änderungen. Die konventionelle dezentrale Arbeitsweise der einzelnen Regelkreise und ihrer Überwachungs- und Steuereinrichtungen wurde beibehalten. Das führte dazu, daß die große Anzahl von Einzelgeräten vom Bedienungspersonal kaum noch übersehen werden konnte. Die Ablesung der einzelnen Meßgeräte in bestimmten Zeitabständen und die Auswertung der Vielzahl von Schreiben der Schreibgeräte war Anlaß zu erheblichen Fehlern und einer verspäteten Rückmeldung an das Bedienungspersonal.

Die zentralisierte elektronische Meßwertverarbeitung gab hier die Möglichkeit, in bestimmten, festgelegten Zyklen die einzelnen Meßstellen automatisch abzufragen, zu überwachen und eine Meßwertverdichtung von ausreichend hoher Genauigkeit vorzunehmen.

Vor dem Einsatz einer Meßwertverarbeitungsanlage muß jedoch genau geprüft werden, welche Meßwerte zweckmäßigerweise zentral verarbeitet werden. So ist es z. B. wenig sinnvoll, auch alle untergeordneten Meßgrößen zu zentralisieren, die entweder nur ‚vor Ort' oder nur zur überwachenden Beobachtung in längeren Zeitabständen dienen. Eine völlige zentralisierte Meßwertverarbeitung bedeutet einen erheblichen Aufwand, der bereits bei mittleren Betrieben Millionenbeträge ausmachen kann, und führt weiterhin noch zu einer nicht vertretbaren Unübersichtlichkeit auf dem Journalbogen. Weiterhin ist die Verfügbarkeit von zentralisierten Meßwertverarbeitungsanlagen infolge des erhöhten Aufwandes niedriger als eine dezentralisierte konventionelle Meßwertverarbeitung bei gleich zuverlässigen Bausteinen.

4. Meßwertgewinnung und Fernübertragung

Voraussetzung für jede Meßwerterfassung und -verarbeitung ist die Meßbarkeit der Betriebsgrößen mit hinreichender Genauigkeit. Die Meßwertgewinnung erfolgt über Meßfühler für Intensitäts- und Konzentrationsmessung. In beiden Kategorien sind noch Lücken im Angebot vorhanden. Es gibt zwar schon eine Vielzahl von Meßgeräten, jedoch läßt sich das Fingerspitzengefühl des Menschen oder eine langwierige Laboranalyse oft nicht einfach durch Meßgeräte ersetzen. Die Meßtechnik hat jedoch bereits einen Stand erreicht, der auch die Gewinnung elektrischer Signale für die physikalischen Größen pH-Wert, Feuchtigkeit, Gasanalyse und Viskosität gestattet. Abbildungsgröße für die zentralisierte Meßwerterfassung muß immer ein elektrisches Signal sein, das als Gleichspannungsamplitude, als gegeignet codiertes digitales Signal, als Frequenz einer Wechselspannung oder als Impulsfolge vorliegen kann.

Analogsignale bedingen ein hochwertiges, abgeschirmtes, niederohmiges, zweiadriges Signalkabel. Wenn der Störpegel, der durch Einstreuungen auf das Übertragungssystem hervorgerufen wird, zu hoch ist, muß auf andere Signalübertragungsmethoden übergegangen werden. Impulsübertragungsverfahren sind im allgemeinen unabhängig von der Güte des Übertragungskanales und gegenüber Störeinflüssen erheblich weniger empfindlich, jedoch dafür auch teurer.

Die Anzahl der zu erfassenden Meßstellen ist in weiten Grenzen frei wählbar und wird nur durch die Umsetzungsgeschwindigkeit begrenzt. Alle Meßwerte werden in digitale Signale umgeformt. Die Umsetzgenauigkeit hängt von der Genauigkeit ab, die für die Verarbeitung notwendig ist. Fehler von 0,1 % stellen die untere Grenze dar, die mit den gegenwärtigen A/D-Umsetzern erreicht wird. Die Die zentralisierte Weiterverarbeitung erfolgt meist als parallel codiertes digitales Signal.

Zwischen dem jeweiligen Meßort und der Meßwertverarbeitungsanlage sind bestimmte Entfernungen zu überbrücken. Analoge Signale lassen sich nur bis zu Entfernungen von einigen hundert Metern genügend genau direkt übertragen. Für ausgedehnte Anlagen werden digitale Fernübertragungsanlagen verwendet.

Es läßt sich aus dem Obengesagten leicht erkennen, daß eine gute Abstimmung zwischen Meßfühlern, Meßwandlern, Fernübertragungssystemen und zeitmultiplex arbeitenden Meßstellenabtastern erforderlich ist, um zu einem einwandfrei funktionierenden Meßwerterfassungssystem zu gelangen.

5. Zuverlässigkeit

Da eine Meßwerterfassungs- und -verarbeitungsanlage als zentrales Überwachungs- und Bilanzierungsorgan dient, wird eine hohe Zuverlässigkeit gefordert. Sie soll möglichst ununterbrochen in Betrieb sein. Diese Forderung kann annähernd durch sorgfältigste Entwicklung und ausschließliche Verwendung hochqualitativer Bauelemente realisiert werden.

Da Fehler in der Anlage sich jedoch nie ganz vermeiden lassen, sind Selbstprüfeinrichtungen vorgesehen, die das Bedienungspersonal alarmieren und eine schnelle Fehlerortung ermöglichen. Standardi-

sierte Bausteine in Verbindung mit Fehlersuchkarten gestatten eine schnelle Beseitigung von aufgetretenen Störungen durch den Service.

Es müssen Sicherheitsmaßnahmen gegen Falschmeldungen von den Meßfühlern und gegen Netzausfall getroffen werden.

Für Meßwertverarbeitungsanlagen wird von der Anwenderindustrie eine Zuverlässigkeit von 99,5 % gefordert. Das bedeutet bei kontinuierlichem Betrieb einen Ausfall der Anlage von maximal etwa 40 Std. im Jahr. Diese Forderungen werden von den Herstellern in den meisten Fällen auch erfüllt. Andere Angaben beziehen sich auf eine mittlere störungsfreie Laufzeit zwischen zwei Ausfällen (mean time between failure) und werden mit ca. 2000 Std. angegeben. Nur bei Anwendung integrierter Schaltkreise, besserer Verdrahtungsmethoden und besserer Fehlererkennungsprogramme kann die erforderliche Verfügbarkeit verbessert werden.

6. Ökonomische Voraussetzungen

Beim industriellen Einsatz von Meßwertvearbeitungs- und Prozeßrechenanlagen liegt der Akzent heute mehr beim wirtschaftlichen Einsatz. Die technischen Möglichkeiten sind nicht mehr fraglich. Es geht vielmehr um die Ermittlung wirtschaftlicher Einsatzbereiche.

Die Berechnung des ökonomischen Nutzens, den eine Meßwerterfassungs- und -verarbeitungsanlage bringen soll, muß von dem jeweiligen Anwender selbst gemacht werden, da die Arbeitsweise der einzelnen Produktionsanlagen sehr unterschiedlich ist. Die einzelnen Industriezweige haben stark voneinander abweichende Lohnniveaus, Rohstoffkosten, Anlagengröße und feste Finanzierungskosten. Im wesentlichen sind es zwei Faktoren, die den ökonomischen Nutzen des Einsatzes ergeben:

1. Erhöhung der Produktionsmenge durch verbesserte Überwachung der Anlage,
2. rechtzeitiges Erkennen von fehlerhaften Anlagenteilen der Produktionsanlagen führt zu geringeren Ausfallzeiten.

Die erzielbare Personaleinsparung ist oft sehr umstritten.

Die Rechtfertigung des Einsatzes einer Meßwertverarbeitungsanlage ergibt sich oft aus der schnelleren und sicheren Gewinnung von Informationen über die Produktionsanlage, die kurzfristige Eingriffe in das Betriebsgeschehen ermöglichen. Dadurch werden die Sicherheit der überwachten Anlagenteile erhöht, die Unterhaltungs- und Instandhaltungskosten infolge rechtzeitiger Fehlererkennung verringert, und außerdem kann die Produktionsanlage durch die laufende Ausgabe der Wirkungsgrade wirtschaftlicher gefahren werden.

In vielen Fällen wird durch die zentralisierte Meßwerterfassung und -verarbeitung einer Vielzahl von Meßgrößen überhaupt erst ein Einblick in das Betriebsgeschehen möglich. Es ist jedoch zweifelhaft, ob der ökonomische Nutzen nur aus der Betriebserfahrung nachweisbar ist. Jährliche Lastschwankungen, Ausfälle und andere Einflüsse machen es vielfach unmöglich, den Nutzeffekt genau zu ermitteln. Umfangreiche statistische Untersuchungen von Meßwertreihen, die über einen längeren Zeitraum erfaßt wurden, können in den Industriezweiginstituten auf Datenverarbeitungsanlagen zur Ermittlung des Nutzens durchgeführt werden. Die relativen Kosten einer Meßwerterfassungs- und -verarbeitungsanlage gliedern sich etwa wie folgt:

Technisch-ökonomische Vorklärung	ca. 10 %
Meß- und Fernübertragungssystem einschließlich Montage und Inbetriebsetzung	ca. 60 %
Digitalrechner einschließlich Programmierung	ca. 30 %

Die Gesamtkosten betragen etwa 3000,– bis 5000,– MDN pro Meßstelle. Als ökonomisch vertretbar wird im Weltmaßstab eine Amortisation in etwa 3 Jahren angesehen. Diese Betrachtungen zeigen, daß sorgfältige ökonomische Studien notwendig sind, um festzustellen, ob der Einsatz einer Meßwertverarbeitungsanlage gerechtfertigt ist. Selbst, wenn das Ergebnis dieser Studien keinen Einsatz einer Meßwertverarbeitungsanlage bringt, so können Untersuchungen über den ökonomischen Nutzen schon technologischer Möglichkeiten für erhebliche Verbesserungen im Prozeßablauf aufzeigen. Der Betreiber von Meßwertverarbeitungsanlagen darf andererseits jedoch in der Regel auch nicht erwarten, endgültig programmierte Einrichtungen übergeben zu bekommen, sondern muß durch eigene Arbeit die anzuwendenden Algorithmen erstellen, ständig weiter modifizieren und verbessern. Die standardisierten Bausteine und Funktionseinheiten des Systems ‚u r s a m a t' gestatten es dem Betreiber, die Anlage jederzeit veränderten Bedingungen und Erkenntnissen anzupassen.

7. Die technisch-ökonomische Vorklärung

Die technisch-okonomische Vorklärung ist die Voraussetzung für die Abschätzung des ökonomischen Nutzens und die Projektierung der Meßwertverarbeitungsanlage.

Sie sollte folgende Punkte beinhalten:

1. Darstellung des Prozeßablaufs an Hand eines allgemeinen Fließschemas,
2. Zusammenstellung aller zu erfassenden und zu überwachenden Meßgrößen und Überprüfung der meßtechnischen Möglichkeiten,
3. Aufstellung aller Bilanzbeziehungen für die Meßwertverarbeitung,
4. Festlegung des Abtastzyklusses für die einzelnen Meßstellen und Festlegung des Bilanzzeitraumes,
5. Abschätzung des ökonomischen Nutzens des Einsatzes einer Meßwertverarbeitungsanlage,
6. Perspektivische Einschätzung über eine mögliche Erweiterung der Meßwertverarbeitungsanlage zu einer Prozeßrechenanlage.

Die technisch-ökonomische Vorklärung sollte in enger Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer erarbeitet werden.

8. Anforderungen an die Qualifikation des Bedienungspersonals

Bezüglich der technischen Ausbildung auf allen Gebieten der modernen Automatisierungstechnik werden an das Bedienungspersonal verfahrenstechnischer Anlagen erhöhte Anforderungen gestellt. Es ergeben sich Umschichtungen in der notwendigen Qualifikation der Beschäftigten, die für jede Berufsgruppe verschieden sind. Der Mensch entfernt sich immer mehr von den gesteuerten Objekten und bedient sich eines Systems technischer Apparaturen. Die Anforderungen an die technischen Kenntnisse und im Bedarfsfall an die Geschwindigket der Handlungen des Bedienungspersonals steigen beträchtlich. Viele Faktoren, die bisher die Lohnhöhe bestimmten, verlieren ihre Gültigkeit. Neue Tätigkeitsmerkmale, wie Verantwortung, Platzgebundenheit, Fernbeobachtung, Konzentration, Monotonie usw. müssen berücksichtigt werden.

Das Bedienungspersonal, welches bisher zur Ausarbeitung von Berichtsbögen benötigt wurde, wird von dieser Arbeit durch die Meßwertverarbeitungsanlage befreit. Dafür entsteht ein steigender Bedarf an qualifiziertem Personal zur Instandhaltung dieser Anlagen.

9. Hinweise für die Auftragserteilung

Die Projektierung und der Einsatz von Meßwertverarbeitungsanlagen können besonders vorteilhaft erfolgen, wenn komplette Automatisierungsanlagen installiert werden, die aus einem aufeinander abgestimmten System von Einrichtungen zur Meßwertgewinnung, -übertragung und -verarbeitung aufgebaut sind. Im System ‚ursamat' sind Gerätesysteme vereinigt, die eine Konfektionierbarkeit für die verschiedensten Anwendungsfälle gewährleisten.

Sowohl im Stadium des Angebotes wie auch bei der anschließenden Auftragsausführung ist eine langdauernde Zusammenarbeit von Auftraggeber und Auftragnehmer erforderlich bis zur detaillierten Klärung aller betrieblichen und organisatorischen Funktionen. Diese Arbeiten sind sehr umfangreich. Von seiten des Auftraggebers sollte auch Klarheit darüber bestehen, inwieweit die Meßwertverarbeitungsanlage zu einem späteren Zeitpunkt zu einer Prozeßrechenanlage aufgerüstet werden soll, um zu einer Vollautomatisierung des Produktionsprozesses zu gelangen.

10. Literatur

[1] Burdick und Glass: Aufgabe und Wirtschaftlichkeit von digitalen Rechenmaschinen bei der Automatisierung von Dampfkraftwerken
Regelungstechnik 12. (1964), H. 1, S. 1–7

[2] Wolff, G.: Meßwertverarbeitungsanlagen
Hartmann & Braun, Sonderheft Achema 64

[3] Kleinteich, K.: Zu Fragen der Informationsgewinnung für die digitale Informationsverarbeitung in der Automatisierungstechnik
Sonderheft der ‚Information' des Instituts für Regelungstechnik Berlin, S. 25–28

[4] Pankalla, H.: Voraussetzungen für den industriellen Einsatz von elektronischen Rechenanlagen
Vortrag gehalten auf dem Kolloquium Prozeßrechentechnik am 8. 9. 1964 im Institut für Regelungstechnik Berlin

[5] Altfelder und Beyer: Datenerfassung und Datenverarbeitung in Anlagen der chemischen Industrie
BBC-Nachrichten 46 (1964), H. 6/7, S. 385

[6] Fuchs, H. und Schöpflin, H.: Wirkungsweise von Prozeßrechenanlagen
Technische Information 4. (1966), H. 4, S. 21–26

[7] Pankalla, H.: Aufbau und Einsatz von Prozeßrechenanlagen
Reihe Automatisierungstechnik, Bd. 68
Verlag Technik Berlin 1968

SIEHLER, H.

MESSWERTERFASSUNG IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE

1. Einführung

Die schnelle Entwicklung der chemischen Industrie in den letzten Jahrzehnten führte zu immer größeren, komplexeren Anlagen. Neue technologische Verfahren ermöglichen, nicht zuletzt durch den Zusammenschluß einzelner Verarbeitungsstufen zu Produktionslinien, eine quantitative und qualitative Erzeugnissteigerung. Mit dieser Entwicklung stiegen zwangsläufig die Forderungen an die Organisation der Produktionsüberwachung und Produktionslenkung.

Noch bis vor etwa 20 Jahren war für die Betriebsmeßtechnik die örtliche Anzeige charakteristisch, wobei hierunter auch die teilweise Zusammenfassung von Anzeige- und Registriergeräten auf Meßtafeln unmittelbar am technologischen Apparat zu verstehen ist.

Die Bildung von zentralen Meßwarten wurde zur zwingenden Notwendigkeit. Die typischen Merkmale einer Meß- und Steuerwarte in der chemischen Industrie sind heute die Steuerpulte mit den Bedienungselementen, wie Fernsteuertafeln, Meßwerteinsteller für Regler usw. sowie die Meßtafeln mit einer Vielzahl von Anzeige- und Registriergeräten. Mit dieser Entwicklung wurde es möglich, große Prozeßabschnitte mit geringem Personalaufwand zentral zu überwachen und zu lenken. Gleichzeitig ergaben sich jedoch damit für den Hersteller wie auch für den Anwender der Automatisierungsmittel neue Probleme

a) Die Meßwerte müssen über große Entfernungen übertragen werden

b) Durch die verwirrende Vielzahl der zu überwachenden Anzeigeinstrumente wurde es für den Anlagenfahrer äußerst schwierig, den notwendigen Überblick zu behalten. Die Bemühungen, die Übersichtlichkeit durch Einsatz von Mehrfachschreibern und Handanwahlschaltungen, letzteres weit verbreitet bei Temperaturüberwachungen, zu vergrößern, führten nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen.

Zur Lösung dieser Probleme wurden von der geräteherstellenden Industrie große Anstrengungen unternommen. Die Entwicklung führte über die Transmittertechnik zu weitgehend universellanwendbaren Geräten und Einrichtungen, wobei für Tafeleinbaugeräte kleinste Frontabmessungen in normierter Ausführung maßgeblich beachtet wurden. Es entstanden die sog. Einheitssysteme.

Für diesen Entwicklungstrend waren selbstverständlich nicht nur die bisher erläuterten Probleme entscheidend. Vielmehr mußte auf die immer größer werdenden anlagentechnischen Verflechtungen und die damit unmittelbar in Zusammenhang stehenden regelungstechnischen Vermaschungen Rücksicht genommen werden.

Darüber hinaus mußte die gerätetechnische Entwicklung die sich immer mehr durchsetzende Freiluftbauweise in Chemieanlagen berücksichtigen. Von der BMSR-Geräte herstellenden Industrie der DDR wurden diese Gesichtspunkte beim Aufbau des Systems ursamat — einem universellen System von Geräten und Einrichtungen für die Regelung, Steuerung und Meßwertverarbeitung zur Automatisierung technologischer Prozesse — beachtet.

2. Automatische Meßwerterfassung und -verarbeitung

Ein entscheidender Schritt zur weiteren Verbesserung der Prozeßüberwachung und -lenkung wurde mit der Entwicklung zentralisierter Meßwerterfassungs-, -überwachungs- und -verarbeitungsanlagen geschaffen.

Ohne Rücksicht auf das durch die Automatisierung verfolgte Endziel ist der Ausgangspunkt die automatische Erfassung von Meßwerten. Höhere Automatisierungsstufen können durch entsprechende Erweiterung der Meßwerterfassungsanlagen zur Meßwertverarbeitung bis zur Prozeßsteuerung erreicht werden.

Der Einsatz von Meßwerterfassungs- und -überwachungsanlagen entlastet das Bedienungspersonal durch die automatische Führung von Betriebs- und Störwertprotokollen und durch individuelle weiterverarbeitbare Grenzwertsignalisationen. Außerdem gestatten es die meisten Anlagen durch Handanwahl bestimmte Betriebsparameter auf digitalen Anzeigeeinrichtungen sichtbar zu machen. Die Anlagenfahrer können sich besser auf die prozeßcharakteristischen Größen konzentrieren. Der Platzbedarf für die Meßwarte wird auf einen vertretbaren Umfang reduziert und der Personalaufwand an Hilfskräften eingeschränkt. Hierbei sollte jedoch nicht verkannt werden, daß gleichzeitig an das verbleibende Bedienungs- und Wartungspersonal erhöhte Anforderungen hinsichtlich der Qualifikationsmerkmale gestellt werden.

Weiterhin ist zu bemerken, daß bei Einsatz von Erfassungsanlagen auf einige analoge Anzeige- bzw. Registriereinrichtungen für bestimmte Parameter, deren zeitlicher Verlauf für die Fahrweise der Anlage entscheidend ist, nicht verzichtet werden sollte.

Meßwerterfassungsanlagen sind zu unentbehrlichen Hilfseinrichtungen für systematische Prozeßstudien

geworden. Meßwerte der verschiedensten Belastungszustände des Prozesses werden dabei in maschinell auswertbarer Form gesammelt, um mit Hilfe statistischer Methoden zur mathematischen Beschreibung mittels Digitalrechnern ausgewertet zu werden.

2.1 Voraussetzungen für den Einsatz

Eine grundlegende Voraussetzung für den Einsatz von Meßwerterfassungs- und -verarbeitungsanlagen wird durch die Betriebsmeßtechnik geschaffen. Während die meßtechnische Erfassung von Temperaturen, Drücken und Ständen keine prinzipielle Schwierigkeiten bereitet, treten diese bei der Messung von Produkteigenschaften auf. Ein großer Teil der auf dem Markt befindlichen Analysenmeßeinrichtungen arbeitet nach diskontinuierlichen Verfahren. Bei der autom. Meßwertabfragung erhält man somit kein exaktes Momentanbild der an der Entnahmestelle tatsächlich vorhandenen Stoffeigenschaften. Hinzu kommt die aus der Praxis bekannte relative Unzuverlässigkeit der selbständigen Probennahme. In den meisten Chemiebetrieben sind darüber hinaus noch labormäßige Analysenmethoden üblich.

Aus diesen Fakten ergibt sich die Forderung nach Analysenmeßeinrichtungen, die kontinuierlich messend im Produktstrom (bzw. Bypaß) eingesetzt werden können.

Die Automatisierungssysteme der chemischen Industrie sind bisher wegen des Explosionsschutzes vorwiegend auf pneumatischer Basis aufgebaut. Für die elektronische Meßwerterfassung müssen die Werte jedoch als elektrische Signale zur Verfügung stehen.

In diesem Zusammenhang drängt sich die oft geführte Diskussion nach der für die chemische Industrie zweckmäßigsten Art der Hilfsenergie auf. Für die Pneumatik spricht der natürliche Explosionsschutz und die Preisgünstigkeit. Die Elektronik weist Vorzüge bei der Überbrückung großer Entfernungen, bei der Signalübertragung durch vernachlässigbare Totzeiten und in der Erreichung größerer Genauigkeiten auf. Unter Beachtung der automatischen Meßwerterfassung und -verarbeitung wird die Bedeutung der elektrischen Hilfsenergie auch für die Chemie unbedingt unterstrichen.

Die immer mehr in Anwendung kommende Schutzart „Eigensicherheit“ und die in der Perspektive sich abzeichnende günstigere Preisgestaltung elektr. Geräte und Einrichtungen durch die konsequente Einführung der Bausteinsystematik, lassen auch in der Chemie eine Wende erkennen. Es ist jedoch abzuschätzen, daß für die nächsten Jahre die Pneumatik weiterhin dominieren wird, da im Entwicklungsstand, in der Produktion und Anwendung dieser Geräte eine hohe Perfektion bzw. Erfahrung zu verzeichnen ist. Der langsame Übergang zur Elektronik wird durch zunehmenden Einsatz elektro-pneumatischer Einrichtungen bestimmt werden. Auf der Stellgliedseite ist die Ablösung der Pneumatik überhaupt noch nicht abzusehen.

Diesen Verhältnissen Rechnung tragend, sind in den modernen Gerätesystemen grundsätzlich elektropneumatische bzw. pneumatisch-elektrische Wandler vorgesehen.

Ein weiteres Problem beim industriellen Einsatz elektronischer Verarbeitungsanlagen ergibt sich bei der Übertragung elektrisch-analoger Meßsignale durch Einstreuung von Störspannungen. Dieser aus der Übertragungstechnik sehr wohl bekannte Effekt wurde bei bekanntgewordenen Einsatzfällen von zentralisierten Meßwerterfassungseinrichtungen oftmals unterschätzt, da er bei der konventionellen BMSR-Technik nicht so empfindlich in Erscheinung tritt.

Es ist bekannt, daß auf Meßleitungen in Industrieanlagen Störspannungen bis 10 V, hervorgerufen durch die verschiedenen Erdpotentiale am Anfang und Ende der Leitungen, auftreten können. Es handelt sich hierbei um Gegentaktstörspannungen und Gleichtaktstörspannungen im allgem. mit 50 Hz. Gegentaktstörspannungen treten zwischen den Adern einer Doppelleitung auf, Gleichtaktstörspannungen dagegen zwischen jeder Ader und Erde, sie sind im allgem. auf beiden Adern gleich groß. Gegentaktstörspannungen lassen sich durch Einbau von entsprechenden Filtern reduzieren. Gleichtaktstörspannungen würden theoretisch nicht wirksam werden, wenn Meßstromkreise und Verstärkereingang der Meßwerterfassungsanlage völlig symmetrisch aufgebaut wären. In der Praxis ist diese Symmetrie beim Meßstromkreis kaum zu erreichen. Bei der Erfassung kleiner Spannungen (z. B. Thermospannungen) ist eine Abschirmung der Meßleitung unbedingt erforderlich. Damit der durch die Störspannung hervorgerufene Strom abfließt, wird der Schirm am Meßfühler geerdet (Bild 1). Bei der Abschirmung ist zu beachten, daß alle Geräte und Einrichtungen, die zwischen Fühler und Verstärker geschaltet sind, wie Thermostat und Meßstellenumschalter, in den Schutzschirm einbezogen werden.

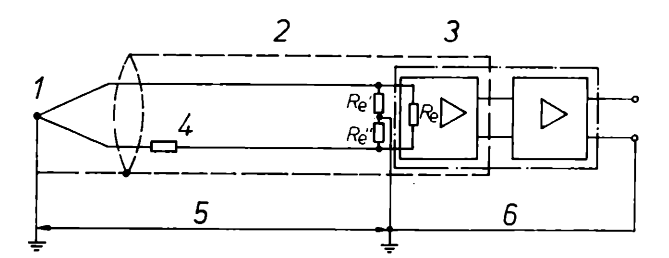


Bild 1: Prinzip der Störspannungsunterdrückung mit Hilfe der Abschirmtechnik

1. Thermoelement
2. Abschirmung
3. Zentralverstärker
4. Unsymmetrie
5. Störspannung (≦ 10 Volt)
6. Systemerde

3. Aufbauprinzip von ursadat-Anlagen

ursadat-Anlagen werden, den speziellen Forderungen des jeweiligen Einsatzfalles Rechnung tragend, aus typisierten Funktionseinheiten des Systems

ursalog zusammengestellt. Durch diese vom Baukastenprinzip bestimmte Struktur ist es möglich, Anlagen mit minimalstem gerätetechnischen Aufwand aufzubauen. Darüber hinaus ist ein stufenweiser Ausbau bzw. eine sinnvolle Umrüstung bei eventuellen Änderungen der Aufgabenstellung jederzeit möglich. Für die Weiterverarbeitung der von ursadat-Anlagen erfaßten Meßwerte ist der Anschluß von Digitalrechnern unter Verwendung spezieller Anpaßeinheiten möglich. Bei der Forderung nach Explosionsschutz (Kategorie I) kann bei Verwendung entsprechender Gruppenverstärker die Schutzart „Eigensicher" erreicht werden.

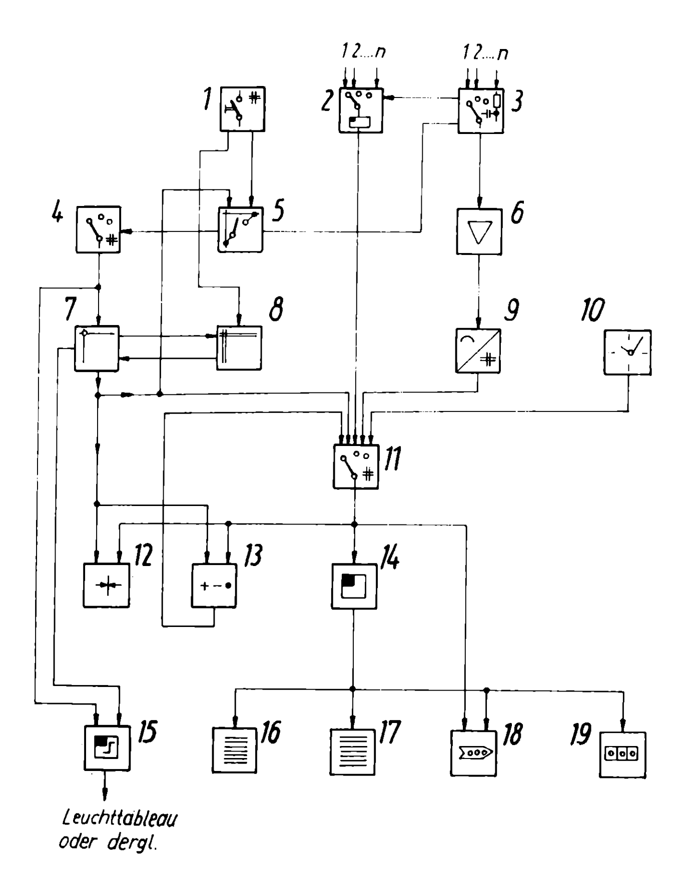


Bild 2: ursadat - Meßwerterfassungsanlage für Grenzwertüberwachung und Registrierung

1. Handeingabeeinheit
2. Durchschaltteil für dig. Signale
3. Durchschaltteil für analog. Signale
4. Durchschaltteil für Steuersignale
5. Stellenschaltersteuerung
6. Zentralverstärker
7. Programmierfeld
8. Zentralsteuerung
9. A/D-Wandler
10. Zeitgeber
11. Ausgabeverteiler
12. Grenzwertvergleichseinheit
13. Arithmetikeinheit
14. Pufferspeicher
15. Meldespeicher
16. Streifendrucker
17. Blattdrucker
18. Streifenlocher
19. Ziffernanzeige

Der allgemeine Aufbau von ursadat-Anlagen (Bild 2) umfaßt die Funktionseinheiten Meßstellenumschalter, Zentralverstärker, Analog-Digital-Wandler, Zeitgeber, Programmiereinrichtung, unterteilt in Steckerfeld für Konstantenprogrammierung und Lötprogrammierfeld zur Festlegung des Arbeitsprogramms, Arithmetikeinheit, Grenzwertvergleichseinheit, Meldespeicher, Pufferspeicher und den Ausgabeeinheiten, wie Journaldrucker, Störwertdrucker, Streifenlocher und Ziffernanzeigen.

4. Einsatz einer ursadat-Anlage in einer DK-Hydroraffinationsanlage

Bei diesem z. Z. im Projektierungsstadium befindlichen Objekt, soll die Meßwerterfassungs- und -überwachungsanlage die konventionelle BMSR-Technik nicht ersetzen, sondern sinnvoll ergänzen. Die Anlage wird zur Lösung folgender Aufgaben ausgelegt:

1. Erfassung und ständige Überwachung aller Meßstellen im Produktionsprozeß, deren Meßwerte innerhalb eines Toleranzbereiches schwanken dürfen. Durch Signalisation bei Überschreiten dieses Gebietes soll erreicht werden, daß das Anlagenpersonal kurzfristig Maßnahmen einleiten kann, um Auswirkungen auf das Produktionsergebnis oder Schäden an Aggregaten und Einrichtungen zu vermeiden.
2. Überwachung der Aggregate und Einrichtungen im Hinblick auf ihre Beanspruchung.
3. Überwachung technologisch wichtiger Regelkreise auf einwandfreie Funktion.
4. Hilfsmittel des Anlagenpersonals, besonders im Störungs- und Havariefall.
5. Ausgabe des Störungsprotokolls für spätere Auswertung.
6. Periodischer Ausdruck eines Betriebsprotokolls.

Die Anlage hat 250 Meßstellen zeitzyklisch abzufragen, auf Grenzwertüberschreitungen zu überwachen und Meßwerte periodisch zu registrieren. Neben Thermospannungen, die den größten Teil der Meßwerte ausmachen, stehen die zu erfassenden Meßwerte im analogen elektr. URS-Einheitssignal zur Verfügung.

Von allen Meßstellen, auch von den Durchflußmeßstellen, sind Momentanwerte zu erfassen, wobei die Durchflußmeßwerte nicht auf Normbedingungen korrigiert werden.

Die Abfragegeschwindigkeit der Anlage muß 5 Meßstellen/s betragen, wobei der Ausdruck aller Meßwerte eines Abfragezyklus 3 min nicht überschreiten darf.

220 Meßstellen sind auf Grenzwertüberschreitungen zu überwachen. Die Störwerte sollen mit Angabe von Meßstellennummer, Art der Grenzwertverletzung, Meßwert und Maßeinheit sowie Datum und Uhrzeit auf einem Störwertdrucker ausgeschrieben werden. Für die Dauer der Grenzwertverletzung muß das Störsignal gespeichert und den Überwachungspunkten jeder Meßstelle fest zugeordnete

optische Signaleinrichtungen außerhalb der ursadat-Anlage angesteuert werden.

Eine Mehrpunktüberwachung bis zu 4 Grenzwerten ist bei Pumpen und Kompressoren notwendig.

Durch diese Überwachungsart werden bereits geringe Abweichungen vom normalen Betriebszustand angezeigt. Erst bei weiterer Verschlechterung der Arbeitsweise ist das Abschalten zur Vermeidung von Maschinendefekten notwendig (Havariesignalistation). In der Zwischenzeit können die Reserveaggregate die Anlaufphase beenden und die Aufgabe im Produktionsablauf übernehmen. Die zur Überwachung der Kompressoren benötigten Meßstellen müssen für die in Reserve stehende Maschine abschaltbar sein. Die Abschaltbedingungen müssen von Hand eingegeben werden können.

Alle Meßwerte müssen zur Ausgabe des Betriebsprotokolls periodisch in einstellbaren Intervallen registriert werden können. Die Meßwerte sollen dimensionsrichtig ausgegeben werden. Als Ausgabeeinheiten zur periodischen Registrierung sind Blattdrucker anzuschließen.

5. Schlußbetrachtung

In der modernen BMSR-Projektierung für chemische Prozesse wird die Einbeziehung von Meßwerterfassungs- und -verarbeitungsanlagen immer größeren Raum einnehmen. Sorgfältige ökonomische Betrachtungen müssen unter Beachtung der etappenweisen Verwirklichung der Komplexautomatisierung Grundlage für die Entscheidungen zum Einsatz moderner Erfassungseinrichtungen sein. Die z. Z. höchste, vorstellbare Stufe der Komplexautomatisierung unter Einsatz von Prozeßrechnern ist in der chemischen Industrie noch recht umstritten. Dieses Gebiet, einschl. der fraglos interessanten DDC-Variante, wurde im vorliegenden Artikel absichtlich nicht behandelt. Nach Festigung der Erfahrungen, unter Auswertung durchgeführter exakter Prozeßanalysen, sollte dieses Thema ausgiebig diskutiert werden.

HASSMANN, L. u. KRAMPE, P.

EINE MESSWERTERFASSUNGSANLAGE ZUR ÜBERWACHUNG VON CHEMISCHEN REAKTOREN

1. Einleitung

Anlagen zur Erfassung und Verarbeitung von Meßwerten gewinnen in der Automatisierungstechnik zunehmend an Bedeutung. Um der Vielfalt der Anwendungsfälle gerecht zu werden, wird im Institut für Regelungstechnik im Rahmen des Systems ursamat der Systemzweig ursadat zum Aufbau von zentralisierten Meßwerterfassungsanlagen entwickelt. Die Meßwertverarbeitungsanlagen des Systems ursadat bestehen aus Funktionseinheiten, die sich ihrerseits aus Bausteinen, Bausteingruppen sowie aus in sich abgeschlossenen Geräten zusammensetzen. Dadurch wird die Möglichkeit geschaffen, Anlagen zur Erfassung und Verarbeitung von Meßwerten angepaßt an den jeweiligen Anwendungsfall aufzubauen.

Die mittels des Systems ursadat aufzubauenden Anlagen umfassen solche, die lediglich der Erfassung von Meßwerten dienen sowie in der Perspektive auch Anlagen zur optimalen Prozeßsteuerung. Der Vorteil des Systems liegt darin, daß durch die mögliche Anpassung an den speziellen Anwendungsfall überflüssige Baueinheiten vermieden werden, die Anlagen aber andererseits jederzeit erweiterungsfähig sind. Damit wird dem Weiterausbau von Produktionsanlagen durch Erweiterung bzw. Austausch von Funktionseinheiten Rechnung getragen.

Im folgenden wird eine aus Funktionseinheiten aufgebaute Anlage zur Überwachung von chemischen Reaktoren beschrieben.

2. Aufgabenstellung

Von der Meßwerterfassungsanlage soll die Überwachung einer Produktionsanlage ausgeführt werden, die aus gleichartigen Reaktoren besteht. Diese Aufgabe kann prinzipiell auch durch die Ausrüstung mit konventioneller Technik gelöst werden, jedoch liegt durch deren begrenzte Wirksamkeit der Nutzen einer zentralisierten Meßwerterfassungsanlage höher. Er drückt sich durch die variablere Anpassung an die Erfordernisse des Betriebes, durch eine verbesserte Betriebsübersicht bei Entlastung des Anlagenpersonals, in verkleinerten Meßwarten und durch die Fixierung von Betriebswerten in Form eines Journals und in maschinell verarbeitbarer Form (Lochstreifen) aus, deren Auswertung Schlußfolgerungen auf eine verbesserte Betriebsweise zulassen und sich damit im Produktionsergebnis auswirken.

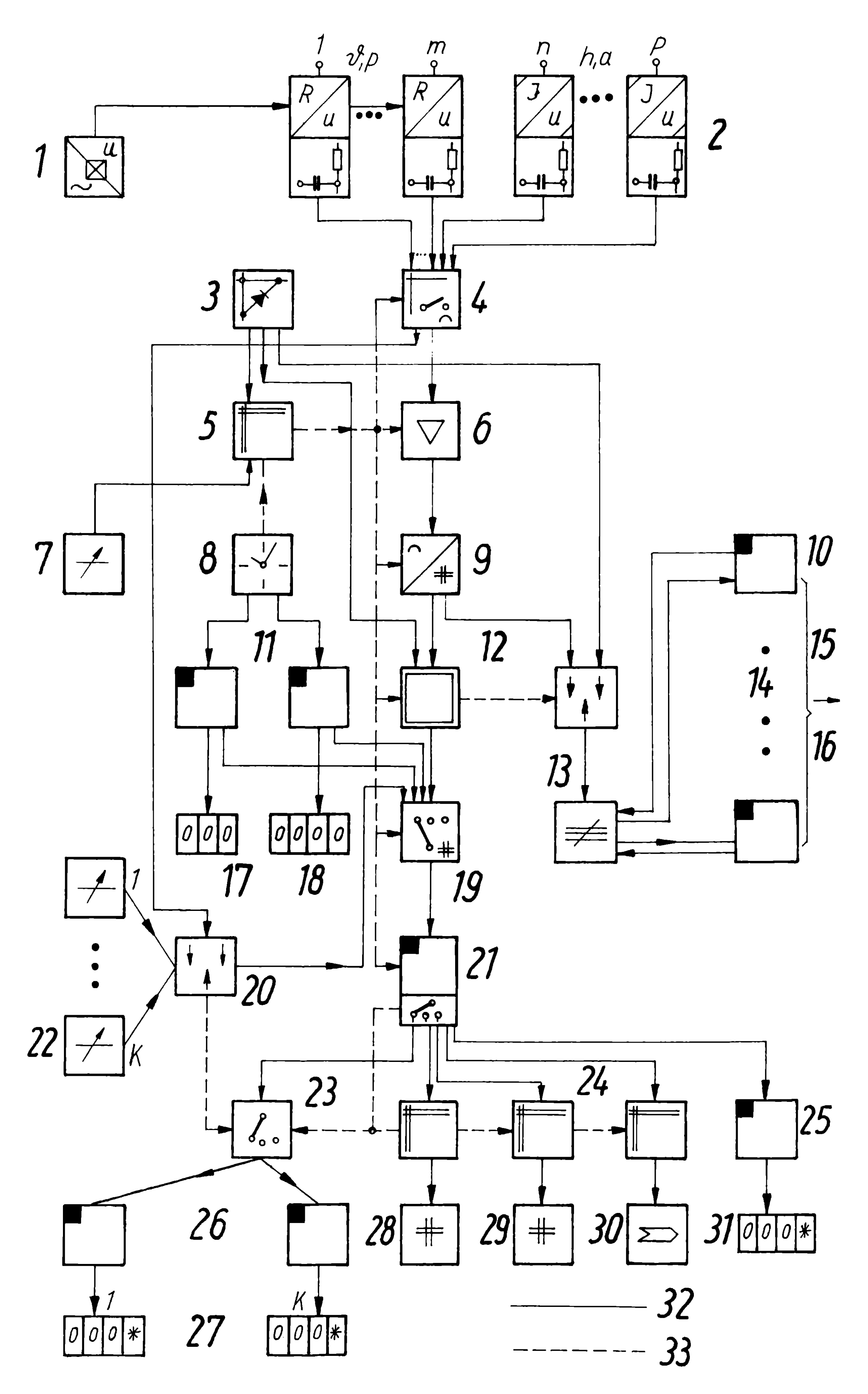
Die zu überwachenden Reaktoren sind längs der Durchlaufrichtung des Reaktionsgemisches in Zonen unterteilt, die mit von einander getrennten Heizmänteln versehen sind. Die an den Reaktoren angebrachten Meßfühler dienen zur Erfassung von Temperaturen, Füllständen und Drücken. Für die Temperaturmessungen werden Widerstandsthermometer, für die Füllstandsmessungen Differenzdruckmeßumformer mit Stromausgang und für die Druckmessung Manometer mit Widerstandsferngebern verwendet. Die Meßwerte von Widerstandsthermometern sollen durch die Erfassungsanlage nicht über 1 % des Meßbereichsendwertes verfälscht werden. Die Überwachung erstreckt sich auf 250 Meßwerte. Jede der zur Überwachung vorgesehenen 250 Meßstellen soll auf oberen und unteren Grenzwert überwacht werden. Bei Über- bzw. Unterschreitung der Grenzwerte sollen Ausgangskontakte betätigt werden, mit deren Hilfe eine optische Signalisation ausgelöst werden kann. Die Signalisation soll bis zur Beseitigung der Grenzwertverletzung erhalten bleiben.

Meßwerte ,bei denen eine Grenzwertüberschreitung erfolgte, sollen durch einen Störwertdrucker ausgedruckt werden. Die Ausgabe auf dem Störwertdrucker soll bei Grenzwertverletzung nur zu deren Beginn bzw. Ende mit Angabe der Uhrzeit erfolgen. Für jede Temperaturmeßstelle, die in unmittelbarer Beziehung zur Betätigung einer Heizleistung steht, soll ein weiterer Überwachungspunkt vorgesehen werden. Dieser sog. Maximumkontakt dient zur Abschaltung von Heizlasten im Gefahrenfall. Eine gesonderte Signalisierung ist hierfür nicht erforderlich.

Ein Blattdrucker ist vorzusehen zur Registrierung sämtlicher Meßwerte; die Registrierung muß automatisch in wählbaren Abständen von 10, 30 bzw. 60 Minuten sowie von Hand ausgelöst werden können.

Parallel zum Blattdrucker müssen bestimmte infolge der Fahrweise benötigte Meßwerte auf einem Streifenlocher ausgegeben werden können, um sie gegebenenfalls mit einem Digitalrechner nach verschiedenen Gesichtspunkten verarbeiten zu können. Für jede Meßstelle sind 3stellige Meßstellennummern, Tendenzzeichen bei Grenzwertüberschreitung, dimensionsrichtiger Meßwert und Maßeinheit auszudrucken. Die Abfrage soll so erfolgen, daß die jeweils zu einem Reaktor gehörenden Meßwerte durch den Blattdrucker in Gruppen ausgedruckt werden.

Weiterhin soll die Möglichkeit der gleichzeitigen Ziffernanzeige für 10 bestimmte, zum Fahren der Reaktoren notwendige Meßwerte geschaffen werden. Die Aufschaltung der Meßwerte soll so erfolgen, daß entweder jeweils gleichartige Meßstellen der Reaktoren auf den Ziffernanzeigern angezeigt



1
ϑ,p
m
n
h,a
p
R
u
J
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
K
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

werden oder, daß gleichzeitig sämtliche zum Fahren eines bestimmten Reaktors notwendigen Werte angezeigt werden können.

Die Anzeige der Meßwerte soll so lange erfolgen, bis die Anwahl aufgehoben wird. Bei jeder Abfrage der angewählten Meßstelle soll der neu ermittelte Meßwert angezeigt werden.

Auf einer weiteren Ziffernanzeigeeinheit sollen z. B. im Havariefall beliebig wählbare Meßstellen sofort angezeigt werden können.

Jede Meßstelle soll im Abstand von 2 Minuten aus technologischen Gründen auf Grenzwertüberschreitung überwacht werden.

Die vorrangigste Aufgabe der Anlage ist es, daß im Havariefall des technologischen Prozesses eine Einzelhandanwahl von Meßwerten durchgeführt werden kann. In der Rangordnung folgen die Grenzwertüberwachung aller Meßwerte einschließlich optischer Signalisation und Ausgabe auf einem Störwertdrucker sowie die programmierte Ausgabe bestimmter Werte auf dem Streifenlocher. Der Journalausdruck aller Meßwerte hat die niedrigste Rangordnung.

3. Gerätetechnische Lösung

Im folgenden wird gezeigt, in welcher Weise die vorgegebene Aufgabenstellung gerätetechnisch realisiert werden kann (vgl. Abbildung).

3.1 Einheiten zur Erfassung sowie zur Umsetzung der analogen Meßwerte in digitale Signale

Entsprechend der Aufgabenstellung sind von der Anlage nur analoge Signale zu erfassen. Diese Signale stammen von Widerstandsthermometern, Widerstandsferngebern sowie von Umformern, die einen eingeprägten Gleichstrom von 0 ... 20 mA bzw. von 0 ... 5 mA abgeben.

Da von der Anlage Gleichspannungen verarbeitet werden, müssen die obengenannten Signale umgewandelt werden.

Jeder Widerstandsferngeber und jedes Widerstandsthermometer ist Bestandteil einer gesonderten Brückenschaltung, deren Ausgang ein Gleichspannungssignal im Bereich von 0 ... 100 mV ist. Durch die Dimensionierung der meßstellenspezifischen Brückenschaltungen kann gleichzeitig eine Nullpunktunterdrückung bewirkt werden.

Die in Gleichspannung umgewandelten Signale der Meßfühler werden in der Erfassungsanlage über Filtereinheiten geführt. Die Filter sind so aufgebaut, daß jeder Meßstelle eine Filterschaltung zugeordnet wird. Je nach dem Verhältnis des Nutzsignals zum Störsignal werden ein oder mehrere Filter eingesetzt..

Die analogen Gleichspannungen werden über den Meßstellenumschalter Gruppenverstärkern zugeführt. Die Durchschaltung der analogen Signale erfolgt mittels gasgeschützter Arbeitskontakte (Geko-Relais).

Die Gruppenverstärker bewirken die Anpassung der analogen Signale an den Eingangsbereich (0 ... $\pm$ 10 V) des A/D-Umsetzers.

Die Umsetzung der analogen Gleichspannungen in den dezimaltetradischen Code erfolgt 3stellig durch Stufenkompensation im A/D-Umsetzer. Die Fehlerklasse der Gerätekombination Gruppenverstärker — A/D-Umsetzer beträgt 0,6 und genügt damit den Anforderungen.

3.2 Verarbeitung der digitalen Signale in der Meßwerterfassungsanlage

Die den A/D-Umsetzer verlassenden Informationssignale gelangen in die Grenzwertvergleichseinheit und in die Arithmetikeinheit.

In der Grenzwertvergleichseinheit werden die Meßwerte auf die Verletzung von meßwertspezifischen Grenzwerten geprüft. Pro Meßstelle können maximal 4 Grenzwerte überprüft werden. Für die vorliegende Aufgabe werden jedoch nur 2 bzw. 3 Grenzwerte benötigt.

Prinzipbild einer Meßwerterfassungsanlage zur Überprüfung chem. Reaktoren

1. Konstantspannungseinspeisung
2. Filtereinheiten
3. Programmierung
4. Meßstellenumschalter
5. Zentralsteuerung
6. Gruppenverstärker
7. Einzelhandanwahl
8. Zeitgeber
9. A/D-Umsetzer
10. Meldespeicher
11. Anzeigespeicher für Datum und Uhrzeit
12. Arithmetikeinheit
13. Antivalenzvergleich
14. Grenzwertvergleicher
15. Leuchtbild
16. Gefahrenabschaltung
17. Datum-Anzeige
18. Uhrzeit-Anzeige
19. Digital-Signalumschalter
20. Adressenvergleich
21. Ausgabepuffer
22. Handanwahl
23. Ausgabeverteiler
24. Druckwerksteuerung
25. Anzeigespeicher
26. Anzeigespeicher
27. Ziffern-Anzeigeeinheiten
28. Störwertdrucker
29. Blattdrucker
30. Lochbandstanze
31. Digitalanzeige
32. Informationssignale
33. Steuersignale

Jedem Überwachungspunkt ist ein Meldespeicher zugeordnet, der die Speicherung von Signalen zur Kennzeichnung der Über- bzw. Unterschreitung der vorgegebenen Grenzen am zugeordneten Überwachungspunkt ermöglicht. Die Speicherung erfolgt für die Dauer der Grenzwertverletzung und wird aufgehoben, wenn beim Grenzwertvergleich am zugehörigen Überwachungspunkt keine Über- bzw. Unterschreitung mehr vorliegt. Für jeden Überwachungspunkt ist ein Relais-Kontakt (Geko-Arbeitskontakt) vorgesehen.

Die potentialfreien Kontakte dienen der optischen Signalisation von Grenzwertverletzungen in einem Leuchtbild und der Abschaltung von Heizlasten im Gefahrenfall.

Jeder Meßstelle werden nur soviel Meldespeicher zugeordnet, wie in der Aufgabenstellung Überwachungspunkte vorgesehen sind.

Die für den Grenzwertvergleich benötigten Konstanten werden im Programmierfeld eingestellt. Das Programmierfeld besteht aus Einheiten, die ein Kontaktsystem in Matrixform mit je 10 Zeilen und Spalten enthalten. In jedem Kreuzungspunkt kann durch einen Stecker eine Zeile mit einer Spalte galvanisch verbunden werden. Die Konstanten werden im Abbildungsbereich (‰ des Meßbereiches) programmiert.

Die Arithmetikeinheit wird im vorliegenden Anwendungsfall so aufgebaut, daß nach Multiplikation des Meßwertes mit einem 3stelligen Faktor eine Addition ausgeführt werden kann. Die Arithmetikeinheit dient zur dimensionsgerechten Berechnung der Meßwerte, zur Addition von Nullpunktunterdrückungen sowie zur Linearisierung bei nichtlinearer Meßfühlercharakteristik. Die Linearisierung geschieht nach

$$y = a \cdot b \; x + c$$

Dabei bedeuten

- a Verstärkungsfaktor des Gruppenverstärkers zur Anpassung an den Analog-Digital-Wandler
- b dreistelliger, programmierbarer Faktor zur Anpassung der Steilheit der Näherungsgeraden im Arbeitsbereich
- c dreistellige, programmierbare Konstante zur Verschiebung der Näherungsgeraden im y-x-Bereich und zur Nullpunktunterdrückung
- x z. B. Temperatur in mV
- y z. B. Temperatur in °C

Die Programmierung der Konstanten geschieht in der Funktionseinheit Programmierfeld.

Nullpunktunterdrückung sowie Zuordnung der multiplikativen und additiven Konstanten werden meßstellenabhängig programmiert.

Die dimensionsgerechten, codierten Meßwerte gelangen über digitale Signalumschalter zu den Ausgabeeinrichtungen.

3.3 Einheiten zur Informationsausgabe

Bei Grenzwertverletzung erfolgt die Ausgabe der betreffenden Meßwerte auf einem Störwertdrucker. Die Ausgabe erfolgt jeweils nur bei Beginn der Grenzwertüberschreitung (Kennzeichnung durch Rotdruck mit Angabe der Tendenz der Überschreitung) sowie nach Beendigung der Grenzwertüberschreitung (Kennzeichnung durch Schwarzdruck). Als Störwertdrucker wird ein Ascota-Meßwertdrucker eingesetzt. Damit können ca. 2 Zeilen/Sekunde ausgedruckt werden. Jede Zeile enthält 12 Zeichen und entspricht dem Meßwert mit 3stelliger Meßstellennummer, Dimensions- und Tendenzzeichen. Datum und Uhrzeit werden nur beim Auftreten oder Verschwinden der Grenzwertverletzung jeweils am Ende eines Überwachungszyklus ausgegeben. Der Blattdrucker ist zur Registrierung aller Meßwerte auf einem Journalbogen vorgesehen. Zur periodischen Registrierung können als Druckzykluszeiten 10; 30 und 60 min eingestellt werden. Die Registrierung kann auch von Hand ausgelöst werden.

Als Blattdrucker wird das gleiche Druckwerk, jedoch mit einem 32 cm Springwagen ausgerüstet, verwendet. Tabulatorsprung und Wagenrücklauf sind programmierbar. Die Druckgeschwindigkeit beträgt etwa 2 Worte/s, jedes Wort ist aus 12 Zeichen zusammengesetzt. Für jede Meßstelle werden die dreistellige Meßstellennummer, Tendenzzeichen bei Grenzwertüberschreitung, der Meßwert dreistellig in halblogarithmischer Darstellung (mit Exponent) sowie die Maßeinheit ausgegeben. Werte mit Grenzwertüberschreitung werden unter Hinzufügen eines Tendenzzeichens ausgedruckt. Die Reihenfolge des Ausdruckes von Meßwerten im Journal wird nach den Gesichtspunkten des technologischen Verfahrens vorgenommen. Datum und Uhrzeit werden bei Beginn und Ende der Journalausgabe ausgedruckt.

Störwertdrucker und Blattdrucker werden über einheitliche Steuerschaltungen mit dezimaltetradischem Eingabecode angesteuert.

Parallel zur Ausgabe der Meßwerte über den Blattdrucker werden einzelne programmierte Werte über einen Streifenlocher ausgegeben zur weiteren Verarbeitung auf einem Digitalrechner. Die maximale Ausgabegeschwindigkeit des Streifenlochers beträgt ca. 50 Zeichen/Sekunde.

Die in der Aufgabenstellung geforderte Anzeige von Meßwerten in Ziffernform wird auf folgende Weise realisiert: Mit Hilfe eines Tastenfeldes können beliebige Meßwerte angewählt werden. Die dimensionsgerechte Anzeige des Meßwertes erfolgt jeweils auf der angewählten Ziffernanzeigeeinheit. Nach Einzelhandanwahl einer gesonderten Anwahleinheit erfolgt die Anzeige sofort, wodurch ein zu dieser Zeit laufender Überwachungs- oder Druckzyklus für ca. 50 ms unterbrochen wird. Der angewählte Wert wird angezeigt bis eine neue Anwahl erfolgt. Bei den restlichen Anwahleinheiten wird ein laufender Zyklus unterbrochen. Die Meßwerte werden in programmierten Zeitabständen erfaßt und nach Verarbeitung angezeigt.

3.4 Zentrale Einheiten zur Steuerung

Die aus Bausteinen aufgebaute Funktionseinheit Zentralsteuerung dient dazu, den Gesamtablauf der

Meßwerterfassung und -verarbeitung koordinierend zu steuern. Die Zentralsteuerung steuert bedingungsabhängig den Arbeitsablauf der Funktionseinheiten und ermöglicht die Durchführung von maximal 9 Meßwerterfassungs- und -verarbeitungsprogrammen. Das für die jeweilige Verarbeitung vorgesehene Programm wird durch die Programmierungseinheit vorgegeben. Im vorliegenden Anwendungsfall werden folgende 4 Programme benötigt:

1. Grenzwertvergleich, Berechnung und Ausgabe des Meßwertes bei Beginn und Ende der Grenzwertverletzung.
2. Ausgabe der normierten Werte auf dem Streifenlocher.
3. Grenzwertvergleich, Berechnung und Ausgabe aller Meßwerte auf einem Journal.
4. Ausgabe dimensionsgerechter Werte nach Einzelhandanwahl auf Ziffernanzeigeeinheit.

Von der Funktionseinheit werden die Erfassungs- und Überwachungszyklen verschiedenen Vorrangs ausgelöst.

Folgende Zyklen werden ausgeführt:

1. Einzel-Handanwahl und zyklische Handanwahl mit Ausgabe der Meßwerte auf einer Ziffernanzeigeeinheit.
2. Überwachungszyklus nach dem Programm 1 im Zweiminutenabstand.
3. Ausgabezyklus nach Programm 2 wählbar im 10-, 30- oder 60-Minuten-Abstand.
4. Ausgabezyklus nach Programm 3 wählbar im 10-, 30- oder 60-Minuten-Abstand.

Der mit der jeweilig niedrigeren Ziffer angegebene Zyklus unterbricht Zyklen mit hoher Ziffer. Lediglich bei Auslösen des Zyklus 2 wird der Zyklus 3 zu Ende geführt, falls dieser gerade läuft.

Bei gleichzeitiger Anwahl der Zyklen 2 und 3 wird der Zyklus 2 vorrangig ausgelöst.

Die Zentralsteuerung dient gleichzeitig zur Funktionsüberwachung der angesteuerten Funktionseinheiten. Beim Auftreten eines Fehlers innerhalb der Funktionseinheiten wird die Ansteuerung zweimal wiederholt und anschließend ein Fehlersignal für die betreffende Funktionseinheit ausgelöst. Die einzelnen Operationen einer Funktionseinheit können von Hand nacheinander ausgelöst werden. Durch Kontrolle des Ablaufs der einzelnen Operationen kann die defekte Baugruppe der betreffenden Funktionseinheit ermittelt werden. Nach Austausch des defekten Bausteins kann der Zyklus neu gestartet werden. Liegt lediglich eine fehlerhafte Informationsübermittlung vor, so wird ein entsprechendes Fehlersignal ausgelöst, ohne daß der Zyklus unterbrochen wird.

Durch zur Anlage gehörige Prüfeinrichtungen, die an Buchsenleisten der Funktionseinheiten angeschlossen werden können, wird ein leichtes Auffinden von Fehlern sowie eine vorbeugende Instandhaltung gewährleistet.

3.5 Konstruktive Ausführung

Die meßstellenspezifischen sowie die nichtmeßstellenspezifischen Funktionseinheiten werden in verschiedenen typisierten Schränken getrennt untergebracht.

Diese Aufteilung gewährleistet die Erweiterung der Anlage im Bedarfsfall.

Die Ausgabeeinheiten einschließlich Tastenfeld und Ziffernanzeigeeinheiten werden in einem Pult untergebracht.

4. Zusammenfassung

Im vorstehenden Text werden die Aufgaben einer zentralisierten Meßwerterfassungsanlage bei der Überwachung chemischer Reaktoren beschrieben. Die gerätetechnische Lösung der Aufgaben wird erläutert und zeigt die Anpaßbarkeit von ursadat-Anlagen an eine vorgegebene technologisch begründete Aufgabenstellung.

HARTMANN, G. und PRZECHOMSKI, G.

BESONDERHEITEN DER PROGRAMMIERUNG EINES BILANZLOGGERS

1. Rechnerprogramme für Prozeßabläufe

Rechnerprogramme für Prozeßabläufe unterscheiden sich weitgehend von denen für wissenschaftliche Berechnungen, so wie sie in Rechenzentren durchgeführt werden. Da die Übernahme, rechnerische Verarbeitung und Ausgabe von Daten zeitlich parallel bzw. in Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Prozeßablauf erfolgen und die rechnerischen Ergebnisse zum Teil mittelbar oder unmittelbar auf den Prozeßablauf einwirken bzw. über ihn Aussagen machen sollen, müssen bestimmte Zeitbedingungen erfüllt sein (Realzeitbetrieb).

Während Rechner für wissenschaftliche Berechnungen ihre Eingangswerte unmittelbar vom Menschen erhalten (z. B. Eingabe über Tastenfeld), ist einem Rechner in einem Prozeßablauf funktionsmäßig eine Meßwerterfassungsanlage vorgeschaltet, die die Eingangswerte zu bestimmten Zeiten an den Rechner liefert. Der Zeitpunkt der Meßwertübernahme kann entweder vom Rechner gesteuert sein oder aber auch von der Meßwerterfassungsanlage über Zeitgeber bestimmt werden. In beiden Fällen müssen für den Rechner besondere Programme nur für die Meßwertübernahme vorhanden sein. Eine Handeingabe in den Rechner muß ebenfalls möglich sein.

Bei bestimmten Eingangswerten muß das gerade laufende Programm unterbrochen und auf ein für das derzeitige Ereignis wichtigeres Programm – ein Programm höherer Priorität – umgeschaltet werden. Dabei darf das unterbrochene Programm nicht verlorengehen, sondern es muß nach Abarbeiten des wichtigeren Programms wieder fortgesetzt werden können, wenn nicht abermals ein wichtigeres Programm notwendig wird (Vorrangsteuerung).

Besondere Aufmerksamkeit ist bei der Programmierung den Fragen der Betriebszuverlässigkeit eines Programms zu widmen. Es darf nicht vorkommen, daß etwa durch fehlerhafte Eingaben das Programm zerstört wird und wieder neu eingelesen werden muß. Hierbei verdienen die Adressenrechnung und die Eingabe besondere Beachtung, da die Auswirkungen falscher Adressen ein Programm besonders leicht untauglich machen.

Bei Ausfall einzelner Anlagenteile des Prozesses müssen jedoch die Eingabewerte der restlichen von den ausgefallenen unabhängigen Anlagenteile noch vom Rechner übernommen und verarbeitet werden können.

Grundsätzlich müssen Testprogramme mit in die Programmierung eines Hauptprogramms einbezogen werden, um die richtige Arbeitsweise des Programms und der Funktionseinheiten des Rechners zu überprüfen und Fehler rechtzeitig zu erkennen und zu signalisieren. Solche Testprogramme müssen zwischen zwei Arbeitsprogrammen des Rechners ablaufen können.

Schließlich muß ein Programm für Prozeßabläufe an Veränderungen in der Prozeßführung leicht anpaßbar sein. Während in Rechenzentren ein ganzer Programmierstab ständig mit der Anfertigung neuer Programme beschäftigt ist, wird im allgemeinen für einen Rechner in einem Prozeßablauf ein einmal erarbeitetes Programm bei Änderungen in der Prozeßführung nur umgestaltet. Hingegen ist es meist nicht möglich, ein solches Programm dann völlig neu und andersartig aufzubauen, da die Installation der Meßwerterfassungsanlage zum Teil auf ursprüngliche Festlegungen im Programm basiert und solche Veränderungen im Programm, die Veränderungen der Meßwerterfassungsanlage nach sich ziehen, meist sehr kostspielig werden.

Die wichtigsten Programme für Prozeßabläufe sind:

1. Datenübernahmeprogramme
   Sie haben die Aufgabe, die von der Meßwerterfassungsanlage an den Rechner herangeführten Daten für die rechnerische Verarbeitung in bestimmten Speicherplätzen des Rechners bereitzustellen und evtl. notwendig werdende Linearisierungen vorzunehmen.
2. Überwachungsprogramme zur Grenzwertkontrolle bestimmter Eingangswerte und Alarmgabe bei Grenzwertverletzung, z. B. besonderer Ausdruck eines überschrittenen Grenzwertes mit Dimensionen und Meßstellennummer.
3. Bilanz- und Berichtsausdruckprogramme geben die Tages- bzw. Stundenbilanzen aus oder zu bestimmten Zeiten sämtliche für die Qualität eines Endproduktes erforderlichen technologischen Werte.
4. Regelungsprogramme, die aus bestimmten Eingangswerten des Rechners Regelungsfunktionen (z. B. PID-Verhalten oder An-Abfahr oder Havarieverhalten) zur Einwirkung auf den Prozeß über spezielle Stellglieder erzeugen.
5. Optimierungsprogramme, die nach einem festgelegten Verfahren ein Optimum zur Prozeßführung suchen.
6. Testprogramme, die den Rechner auf einwandfreies Arbeiten überprüfen und es außerdem ermöglichen, nach Wunsch jeden Speicherplatz zwecks Kontrolle ausdrucken zu lassen.

Im Institut für Regelungstechnik, Berlin, wurden 1965 Erfahrungen bei der Programmierung eines Bilanzloggers für die Erdölverarbeitung gesammelt. Diese Erfahrungen erstrecken sich auf Meßwertübernahmeprogramme, Überwachungsprogramme, Bilanzprogramme und Testprogramme.

2. Aufbau und Wirkungsweise eines Bilanzloggers

Ein Bilanzlogger dient zur automatischen Aufstellung einer Stoffflußbilanz oder Wertbilanz für die technische Betriebsabrechnung eines Werkes.

Beispiel

Alle 24 Stunden soll eine Stoffbilanz ausgedruckt werden. Auf Wunsch soll der Ausdruck von Zwischen- oder auch Teilbilanzen oder nur einzelner Meßwerte erfolgen können. Die Bilanzwerte sollen maßeinheitengerecht in Masseeinheiten [t] oder Volumeneinheiten [Nm^3] ausgedruckt werden. Bedingt durch die Struktur des Werkes erfolgen die Zusammenfasung und teilweise Verarbeitung der einzelnen Meßwerte in mehreren Unterwarten (Bild 1). Zur weiteren Verarbeitung wurden die Meßwerte über Fernübertragungseinrichtungen in eine Zentralwarte übertragen. Hier befinden sich die zentrale Steuerung des Loggers, der für die mathematischen und organisatorischen Operationen erforderliche Digitalrechner und die Ausgabeeinrichtungen der verarbeiteten Daten (Druckwerke und Lochstreifenstanzer).

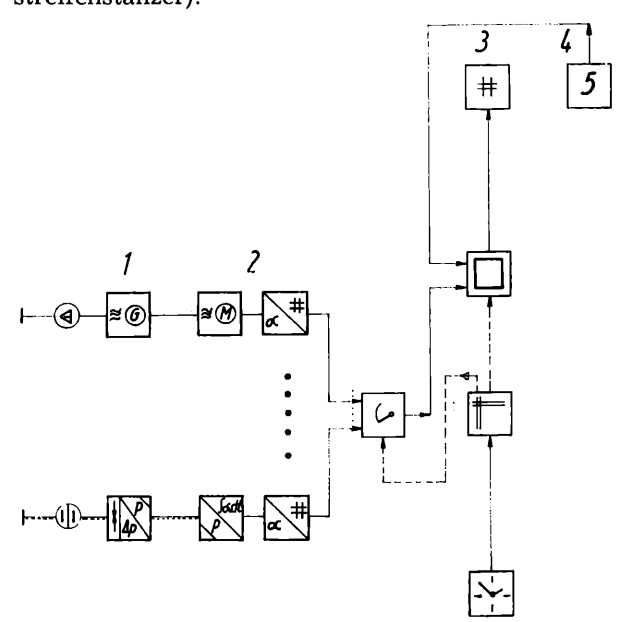


Bild 1: Aufbau des Bilanzloggers

1. Meßort
2. Unterwarte
3. Zentralwarte
4. Betrieb-Labor
5. Korrekturwerteingabe

Der Digitalrechner ist eine Einadressen-Serienmaschine mit festem Komma und 4096 Speicherplätze, deren Wortlänge 31 Dualstellen beträgt. Die Bilanzwerte sind in ihrer Reihenfolge fest programmiert und werden stündlich zyklisch abgefragt. Die Bilanzmeßwerte sind Mengenmeßwerte (Durchflußmeßwerte und Tankstände). Alle Meßwerte für Durchflußmengen werden durch Blendenmessungen gewonnen und nach Umformung in das pneumatische Einheitssignal in der Unterwarte durch pneumatische radizierende Integratoren (Turbinenprinzip) summiert. Mit den Integratoren sind über Getriebe Kodescheiben gekuppelt, von denen der aufsummierte Wert jeder Zeit entnommen werden kann. Jeder Durchflußmeßstelle ist genau ein Integrator mit Kodescheibe zugeordnet. Die Kodescheiben werden nicht zurückgestellt.

Alle Tankstände werden mit Präzisionstankstandsmessern gemessen und über Drehmelder in die Unterwarten übertragen. Mit Kodescheiben erfolgt die Umsetzung in den für den Rechner benötigten Dualkode. Die Kodescheiben werden stündlich zyklisch abgefragt. Die Anschaltung der Meßstellen an den Rechner erfolgt über Meßstellenumschalter. Die Ansteuerung der Meßstellenumschalter geschieht durch Adressenimpulse, die von der Zentralsteuerung abgegeben werden. Ein Zeitgeber gibt stündlich ein Signal an die Zentralsteuerung ab, das den Start des Adressengebers auslöst. Nachdem die Adresse angewählt wurde, stehen nach einem Adressenvergleich dem Rechner Meßwert und Adresse zur Verfügung. Die Meßwerte werden im Rechner für die Bilanzierung auf entsprechende durch die Adresse festgelegte Speicherplätze abgespeichert. Für den Fall eines Rechnerdefekts ist ein Notbetrieb vorgesehen. Die Bilanzmeßwerte werden mit ihren Adressen auf einem Lochstreifen abgelocht. Nach erfolgter Reparatur des Rechners sollen diese Streifen nachträglich aufgearbeitet werden. Da die Bilanzwerte stets in der gleichen Reihenfolge ausgedruckt werden, werden aus Zeitersparnis nur Zahlenwerte ausgedruckt. Zur Kennzeichnung von Meßstelle und Maßeinheit wird eine Schablone verwendet. Neben den Bilanzwerten werden noch Uhrzeit und Tag (verschlüsseltes Datum) ausgedruckt. Die rechnerische Verarbeitung der Bilanzmeßwerte geschieht auf Grund der Meßmethode für Durchflüsse nach folgenden Gln.:

$$\left.\begin{aligned} (m_{at} - m_{a(t-1)}) &= m_{a\Delta t} \\ m_{a\Delta t} \cdot k_{az} &= M_{a\Delta t} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

m_{at} Unkorrigierter Meßwert zur Zeit t mit der Meßstellennummer a in der Abbildungsgröße

k_{az} Zustandskorrekturfaktor zur Umrechnung von Volumenwerten in die Maßeinheit [t] oder [Nm^3] für die Meßstelle a

$M_{a\Delta t}$ Dimensionsgerechter korrigierter Meßwert des letzten Zeitintervalls Δt

Die Korrekturfaktoren k_{az} werden im Betriebslabor stündlich aus Dichtewerten gebildet, die dort an Hand von Proben ermittelt und mit Beiwerten von Druck- und Temperatur umgerechnet werden. Die Werte $M_{a\Delta t}$ werden dann zur bisherigen Teilsumme des Tageswertes hinzuaddiert.

Da die Tankstände Momentanwerte darstellen im Gegensatz zu den Durchflußwerten, die integrierte Werte darstellen, können sie ohne vorherige Differenzbildung verarbeitet werden. Die Verarbeitung geschieht derart, daß je nach der Tankform aus der Füllstandshöhe auf das Volumen geschlossen wird und danach ebenfalls mit einem im Labor ermittelten Zustandskorrekturfaktor in Masseeinheiten umgerechnet wird.

3. Rechnerprogramme für Bilanzlogger

Im Rechnerprogramm eines Bilanzloggers sind folgende Unterprogramme enthalten:

3.1. Eingabe technologischer Werte,

z. B. Temperaturen, Drücke, Dichten, Konzentrationsverhältnisse und Berechnung der Zustandskorrekturfaktoren k_{az} oder auch Eingabe der k_{az}. Das Unterprogramm ist im Bild 2 mit der höchsten Priorität eingesetzt, weil solche Eingaben auch manuell, z. B. auf Grund von Analysenergebnissen in einem Betriebslabor erfolgen können.

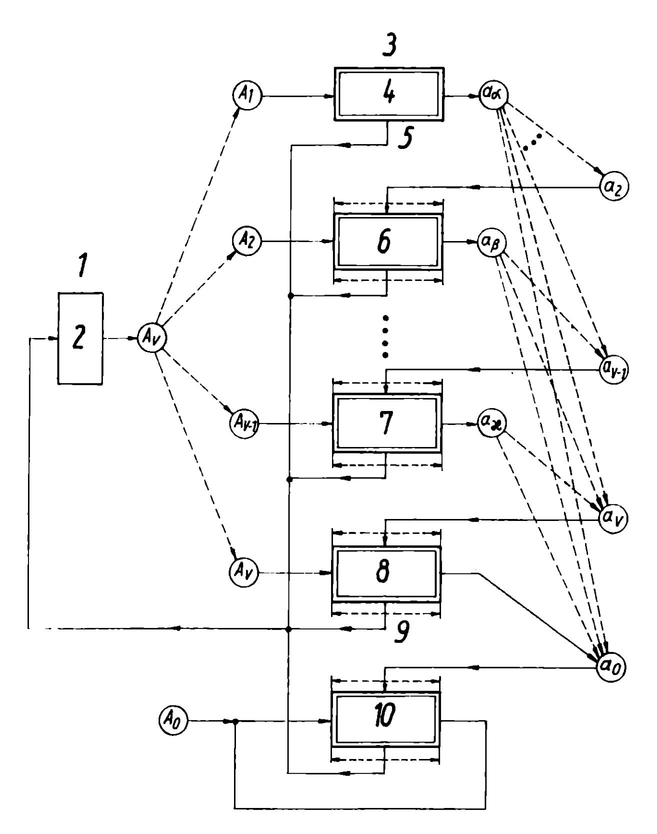


Bild 2: Programmablauf mit Vorrangsteuerung
P Priorität

1. Vorrangsteuerung
2. Rückkehrabsicht und Sprung zum Programm mit höherer Priorität
3. Rechnerprogramme
4. P_1 Eingabe Zustandskorrekturfaktoren
5. höchste Priorität
6. P_2 Eingabe und Verarbeitung der Bilanzmeßwerte
7. $P_v - 1$ Handanwahl einzelner Meßwerte
8. P_v Bilanzausdruck
9. niedrigste Priorität
10. Grundzyklus ohne Priorität zur Selbstkontrolle

3.2. Eingabe und Verarbeitung von Bilanzmeßwerten,

die z. B. über Volumenzähler oder andere integrierende Volumenmeßeinrichtungen, über Füllstandsmeter, Zähl- und Wägeeinrichtungen automatisch gemessen werden. Teilweise muß sofort eine Umrechnung über die jeweils gültigen k_{az} in Massenwerte erfolgen. Differenzbildungen $m_{at} - m_{a(t-1)}$ und Teste auf kleiner Null, ggf. mit additiven Korrekturen, sind erforderlich, falls die Werte von Zählern oder Kodescheiben abgenommen werden, bei denen nach der Meßwertentnahme keine automatische Nulleinstellung vorgenommen wird.

3.3. Bilanzausdruckprogramm

In diesem Programm sind die im Bilanzschema geforderten maßeinheitengerechten Werte zu berechnen und zu drucken. Im einfachsten Fall einer Stoffbilanz werden dies Einzelwerte, Summen und Differenzen in den Maßeinheiten, [t] oder [Nm^3] und Stückzahlen sein, die in einem fest vorgegebenen Schema in Klarschrift ausgegeben werden. Neben den Stoffbilanzen können auch Wertbilanzen ausgedruckt werden.

3.4. Ein Kontrollprogramm,

in dem sich der Rechner in seinen wichtigsten Funktionen selbst überprüft und bei Fehlerermittlung einen Alarm auslöst. Hierüber hinaus können zusätzlich eine Reihe weiterer Aufgaben von einem Bilanzlogger übernommen werden; z. B. Aussagen über Lagerhaltung, Kontrolle technologischer Werte, auf Grenzwertverletzung, Übernahme und Ausgabe von Zustandsgrößen des Prozesses für evtl. spätere statistische Untersuchungen, Handanwahlen von Meßwerten.

4. Programmablauf mit Vorrangsteuerung

Der Ablauf der Programme muß entsprechend ihrer Priorität von außen steuerbar sein (Bild 2). Die Vorrangsteuerung ermöglicht den Aufruf eines Programmteils genau dann, wenn das gerade laufende Programm eine niedrigere Priorität hat als das aufgerufene. In diesem Fall wird der gerade in der Ausführung befindliche Befehl des alten Programms abgearbeitet und eine Rückkehrabsicht in eine dem angesteuerten Programm speziell zugeordnete Zelle gespeichert, in der ein Sprungbefehl steht. Danach beginnt der Rechner in dem neuen Vorrangprogramm zu arbeiten. Der erste Befehl muß stets ein Speicherbefehl sein, damit später beim Rücksprung in das unterbrochene Programm der richtige Akkumulatorinhalt mit geführt werden kann.

Die Ansteuerung eines Programmes mit niedrigerer Priorität gegenüber dem laufenden ist solange unwirksam, bis im Rechner die Rückkehr in ein Programm ausgeführt wird, das gegenüber dem angemeldeten einen geringeren Vorrang hat, z. B. kann das Programm mit der Priorität 2 (Bild 2) lediglich durch P 1 unterbrochen werden. Vom Bilanzausdruckprogramm kann nur in den Grundzyklus ohne Priorität zurückgesprungen werden. In den anderen Prioritätsprogrammen sind die möglichen Rücksprünge gestrichelt angedeutet.

5. Beschreibung vereinfachter Rechenprogramme eines Bilanzloggers

5.1. Eingabe der Zustandskorrekturfaktoren

Bild 3 zeigt den Programmaufbau für den Fall, daß nach Ansteuerung von P 1 jeweils ein Zustandskorrekturfaktor mit Meßstellennummer eingegeben wird. Im Programm wird unterschieden, ob es sich um einen Faktor zur Umrechnung in die Maßeinheiten [t] oder [Nm^3] handelt. Aus der Meßstellennummer wird die zugeordnete Speicheradresse berechnet. Auf allen Speicherplätzen für Zustandskorrekturfaktoren ist neben k_{az} zusätzlich die jeweilige Adresse gespeichert. Diese Adresse wird mit der errechneten verglichen und bei Übereinstimmung wird k_{az} zur Abspeicherung freigegeben. Danach wird P 1 gelöscht und mit dem richtigen Akkumulatorinhalt der Rücksprung in das unterbrochene Programm ausgeführt. Im anderen Fall wird der neue Zustandskorrekturfaktor nicht gespeichert. Nach einer Alarmgabe verläßt der Rechner ebenfalls das Programm. Hierbei wird lediglich kontrolliert, ob es sich um eine mögliche Adresse für k_{az} handelt. Vertauschungen von Zustandskorrekturfaktoren untereinander lassen sich nicht vermeiden, dagegen werden Programmzerstörungen verhindert. Dies ist nicht die einzige Kontrollmöglichkeit. Andere Prüfverfahren wären Grenzwertkontrollen oder Überprüfungen auf maximal mögliche Änderungen zur letzten Eingabe.

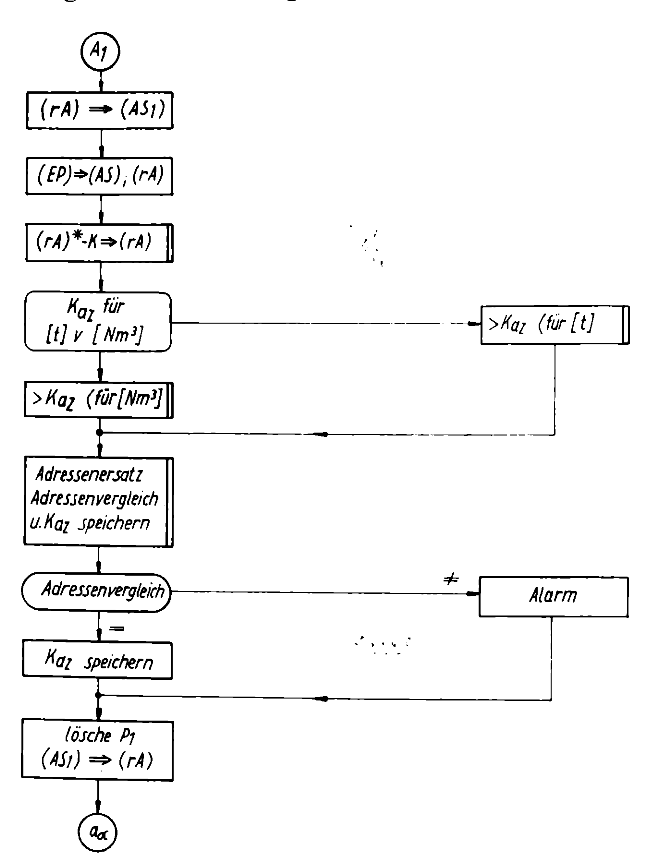


Bild 3: Eingabe „Zustandskorrekturfaktoren“

rA	Akkumulator,
AS	Arbeitsspeicher,
EP	Eingabepuffer,
K	Konstant

5.2. Eingabe und Verarbeitung Bilanzmeßwerte

Bei der Aufstellung des Strukturplanes (Bild 4) wurde vorausgesetzt, daß lediglich Tankstände und Durchflüsse abgefragt und eingegeben werden. Das Programm P 2 kann in folgende zusammenhängende Befehlsgruppen zerlegt werden:

a) Meßwertübernahme und Gruppenauswahl (Auswahl der *PK*)

b) Konnektoreinstellung (Tankstände oder Durchflüsse)

c) Adressenersatz für Adressenvergleich und -verarbeitung

d) Adressenvergleich

e) Meßwertverarbeitung

f) Adressenerhöhung und Zyklustest

g) Meßwertübernahme zur zyklischen Verarbeitung

h) Alarmgabe

i) Prioritätslöschung und Rückkehr ins unterbrochene Programm

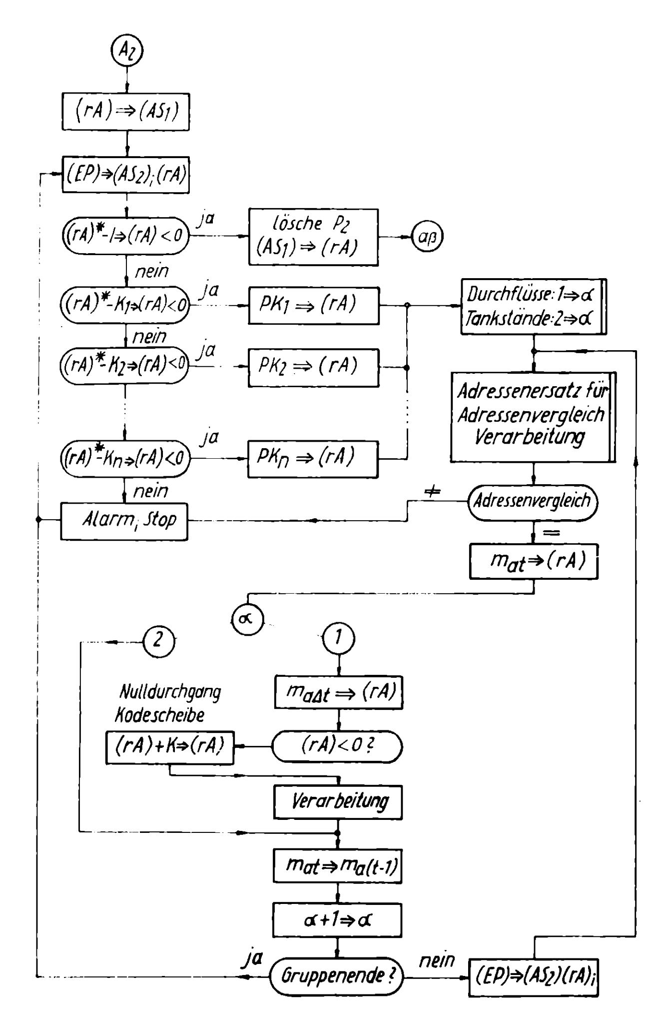


Bild 4: Eingabe und Verarbeitung „Bilanzmeßwerte“

PK Programmkonstante

Bei der Meßwertübernahme werden Meßwert und Meßstellennummer in den Rechner übernommen. Zur Gruppenauswahl wird die Meßstellennummer in den Akkumulator gebracht. Sie ist erforderlich, weil Tankstände und Durchflüsse unterschiedlich zu verarbeiten sind und in Störungsfällen einzelne Gruppen ausfallen können. Jeder Gruppe ist eine Programmkonstante *PK* zugeordnet, die dem Rechner zwei Angaben liefert:

a) Welche Meßstellennummer hat der erste Meßwert der Gruppe?

b) Wieviel Meßwerte enthält die Gruppe?

Diese Angaben ermöglichen den Adressenvergleich, die Verarbeitung der Meßwerte innerhalb kurzer Programmschleifen und die richtige Rückkehr zur Auswahl der nächsten Gruppe.

Der Rechner soll nach Eingabe des letzten Bilanzmeßwertes die Priorität 2 löschen und mit dem alten $<rA>$ den Rücksprung in das unterbrochene Programm ausführen. Hierzu wird er durch Eingabe einer Null von der Erfassungsanlage über die Gruppenauswahl veranlaßt. Im ersten Test wird also entschieden, ob eine Rückkehr stattfinden soll oder ob es sich bei der Eingabe um den ersten Meßwert einer anschließend zu übernehmenden Gruppe handelt. Bei einer Meßwerteingabe verläßt der Rechner die Gruppenauswahl zur Umspeicherung der zugeordneten Programmkonstante und zur Einstellung des variablen Konnektors auf die Verarbeitung Durchflüsse oder Tankstände. Für den Adressenvergleich wird die in der *PK* enthaltene Adresse zwischengespeichert. Der anschließende Adressenersatz wird trotz unterschiedlicher Verarbeitung für Tankstände und Durchflüsse einheitlich durchgeführt, weil eine Trennung die Rechenzeit nur unwesentlich verkürzen, den Befehlsumfang dagegen wesentlich vergrößern würde. Für die Verarbeitung nach Gl. (1) wäre z. B. folgender Adressenersatz notwendig:

Adressenersatz für die Subtraktion von $m_{a(t-1)}$,

für die Multiplikation mit k_{az},

für die Summation der korrigierten Durchflußwerte und für die Speicherung als letzten Stundenwert.

Im anschließenden Adressenvergleich wird die eingegebene Meßstellennummer mit der aus der Programmkonstanten berechneten verglichen. Bei Übereinstimung wird der Meßwert zur Verarbeitung freigegeben, im anderen Fall erfolgt eine Alarmgabe. Nach der Verarbeitung wird über die Programmkonstante die nächste Meßstellennummer berechnet und ein Test auf Gruppenende durchgeführt. Ist das Gruppenende noch nicht erreicht, geht der Rechner zur Eingabe und Verarbeitung des nächsten Meßwertes über.

5.3. Bilanzausdruckprogramm

Das Bilanzausdruckprogramm (Bild 5) soll ein gefordertes Ausdruckschema realisieren, möglichst flexibel gegenüber Änderungswünschen vom Anlagenbetreiber sein, wenig Speicherraum beanspruchen und muß spätestens zum Beginn des nächsten Eingabezyklus für Bilanzmeßwerte beendet sein. Der in Bild 5 angegebene Programmablauf wurde stark vereinfacht. Dieses Strukturbild stellt nur teilweise eine mögliche Lösungsvariante dar. Im Prinzip besteht das Programm aus kodierten Anweisungen und aus einem eigentlichen Programm, welches diese Anweisungen in der gewünschten Reihenfolge übernimmt, dekodiert und abarbeitet. Zweckmäßig werden Typen von Anweisungen gebildet, über die häufig wiederkehrende Verarbeitungsalgorithmen zusammengefaßt werden. Solche Typen kodierter Anweisungen können z. B. sein:

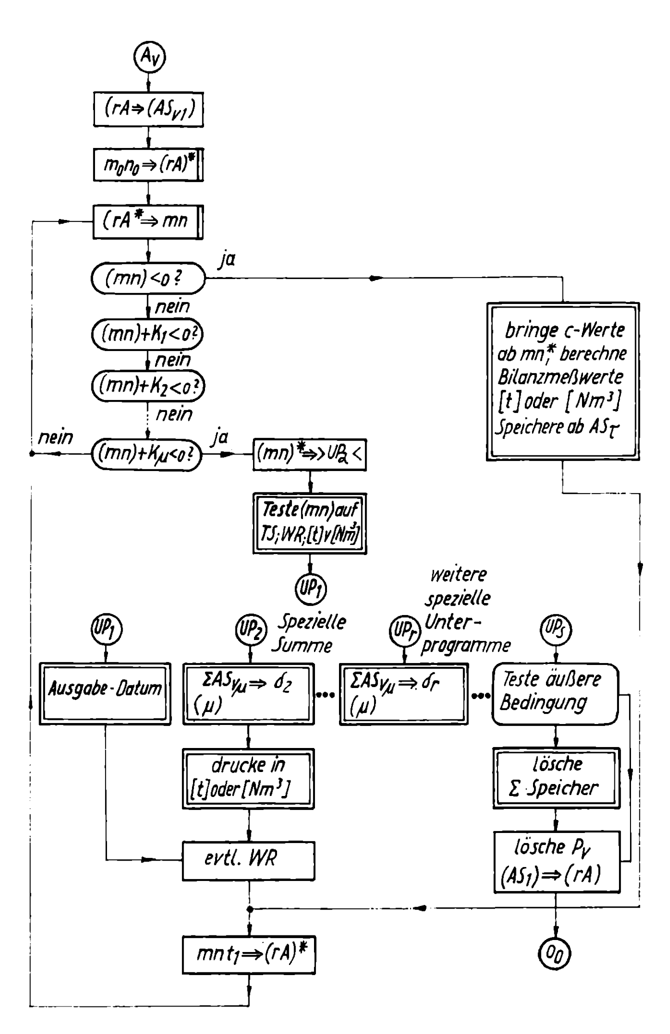


Bild 5: Bilanzausdruck

UP	Unterprogramm,
TS	Tabulatorsprung,
WR	Wagenrücklauf,
mn	Hauptspeicheradresse

a) Kodeworte mit folgendem Arbeitsablauf:

Bringe *c* — Durchflüsse oder Tankstände ab Adresse *mn* mit Adressenerhöhung oder -erniedrigung, berechne Bilanzwerte in den Maßeinheiten [t] oder [Nm³] und speichere diese Werte ab *AS* μ.

b) Jede Anweisung enthält die Adresse für einen Sprungbefehl, der ausgeführt wird. Über diese Anweisungen erfolgen die Sprünge in spezielle Unterprogramme, z. B. Ausgabe der Tagesnummer, lösche die Summenspeicherplätze.

c) Führe n — Tabulatorsprünge aus, bringe v-Werte von Adresse mn^* bis $mn^* + v$, berechne Durchflüsse oder Tankstände in den Dimensionen [t] oder [Nm^3], drucke die Werte nacheinander und führe evtl. einen Wagenrücklauf aus.

d) Bei dieser Anweisung steht im Adreßteil die Adresse, von der das nächste Kodewort zu holen ist.

In allen anderen Fällen wird die nächste Anweisung von der Adresse $mn + 1$ geholt. Die Anweisung d ermöglicht es, vorhandene Lücken zwischen Programmen und Konstanten im Speicher sinnvoll auszufüllen und zu nutzen. Über diese Anweisungen können weiterhin auf einfachste Art Änderungen im Ausdruckschema realisiert werden. In Bild 5 sind lediglich die Testkette und die Programmabläufe für die Anweisungstypen a, b und d zusammengefaßt dargestellt. Die verwendeten Anweisungstypen werden für jeden Anwendungsfall in Abhängigkeit vom Bilanzausdruckschema und vom verwendeten Rechner mehr oder weniger kompakt die Verarbeitungsalgorithmen enthalten.

Das Beispiel des Bilanzausdrucks zeigt besonders deutlich, daß die Verteilung der Meßstellennummern den Umfang des Programmes stark beeinflußt. Deshalb ist eine enge Zusammenarbeit aller an einem solchen Projekt beteiligten Mitarbeiter einschließlich Programmierer erforderlich.

FRIEDRICH, M.

URSADAT-EINRICHTUNGEN ZUR MESSWERTERFASSUNG IM SCHIFFSBETRIEB

1. Forderungen des Schiffbaues

Die Anzahl unserer Schiffe ist in den letzten Jahren stark angestiegen. Das führte zu einem spürbaren Mangel an Schiffspersonal. Deshalb wird die Automatisierung des Schiffsbetriebes immer dringender. Die Verringerung der Besatzungszahl und die gleichzeitige Erhöhung der Betriebssicherheit stellen hohe Anforderungen an die BMSR-Industrie. Der Verkaufswert unserer Schiffe wird wesentlich von ihrem Automatisierungsgrad beeinflußt. Zur Sicherung des Schiffsexportes ist ab 1968 die Ausrüstung mit ursadat-Einrichtungen zur Meßwerterfassung vorgesehen.

Im Schiffsbetrieb wird die vom Seefahrtsamt gesetzlich vorgeschriebene Führung des Maschinentagesbuches bisher manuell vorgenommen. Die Meßwerte werden stündlich am Meßort oder mit Hilfe eines Meßstellenumschalters zentral abgelesen und in das Maschinentagebuch eingetragen. Das gleiche gilt für andere Meßgrößen des Schiffsbetriebes. Die Anzahl der Meßstellen kann je nach Schiffstyp zwischen 50 . . . 300 liegen.

Die ständige Überwachung der wichtigsten Betriebsparameter, z. B. Drücke und Temperaturen, erfolgte bisher durch Grenzkontaktgeber, die z. B. neben dem analogen Meßfühler angebracht sind und zur gleichen Meßstelle gehören. Die Grenzkontakte sind auf ein Leuchttableau mit akustischer Störungsmeldung geschaltet. Diese Signalanlage ist mit Relais ausgeführt und gehört bereits zur Standardausrüstung unserer Schiffe.

2. Aufbau und Funktion der ursadat-Anlage

Die ursadat-Einrichtung ist aus typisierten Funktionseinheiten des im IfR entwickelten ursadat-Systems aufgebaut (Bild 1).

Diese Einheiten sind konstruktiv aus Bausteinen und Bausteingruppen zusammengesetzt. Die Bausteine sind mit Halbleiterbauelementen bestückt. Als einzige Relaisbausteine werden die bewährten Schutzgasrelais eingesetzt.

Die Systemstruktur gestattet die qualitative und quantitative Erweiterung der Anlage durch Zusatz oder Austausch von Funktionseinheiten. Die Funktionseinheiten werden in zum System gehörenden Schränken untergebracht.

Die ursadat-Einrichtung übernimmt die automatische Führung des Schiffstagebuches. Darüber hinaus ist sie zur Handanwahl und Anzeige von Meßwerten und zur Störungsregistrierung ausgelegt. Sie wurde nach den Forderungen des Schiffsbaues einfach, funktionssicher und mit vertretbarem Aufwand konzipiert. Der Anlagenteil „Störungsregistrierung“ arbeitet unabhängig von der übrigen Anlage.

Die Funktionseinheiten der Einrichtungen sind selbständige, über ein Signalsystem miteinander verbundene Einheiten. Das Zusammenwirken wird von der Zentralsteuerung koordiniert. Die Einrichtung enthält je einen fest programmierten Zyklus für die Tagebuchführung und die Abfrage der Grenzkontakte zur Störungsregistrierung. Der Abfragezyklus wird durch eine urdasat-Zeitgebereinheit ausgelöst.

3. Meßwertbereitstellung

Als Meßgrößen treten Temperatur, Druck, Niveau, Drehzahl, Durchfluß und Menge auf. Die Tabelle enthält die Aufstellung der Meßwerte und verwendeten Meßfühler für einen Frachter.

Meßgröße

Temperatur
Druck

Drehzahl

Meßfühler

Widerstandsthermometer
Widerstandsferngeber
Tachogenerator
Grenzkontakte, Schalter

Die Meßwerte können wie folgt von der ursadat-Einrichtung erfaßt werden:

a) Tagebuchführung
b) Störungsregistrierung

Diese mittlere Anlage umfaßt etwa 100 Tagebuchwerte und 80 Meßwerte mit Störungsregistrierung.

4. Tagebuchführung

Die Tagebuchwerte werden z. B. stündlich in fest programmiertem Zyklus auf dem Journaldrucker dimensionsgerecht ausgedruckt. Zu Beginn eines jeden Druckzyklus wird die Uhrzeit ausgegeben. Die Meßwerte sind nach technologischen Gruppen geordnet. Innerhalb der technologischen Gruppierung werden Meßgrößen gleicher Dimension zusammengefaßt. Die Funktionen des Springwagens sind mechanisch programmiert. Es ergibt sich ein festes Schriftbild, das ein Auflegen von durchsichtigen Schablonen oder die Verwendung von Vordrucken ermöglicht, um die Kommastelle und Dimension für jede Meßstelle ablesen zu können. Die Meßstellen-

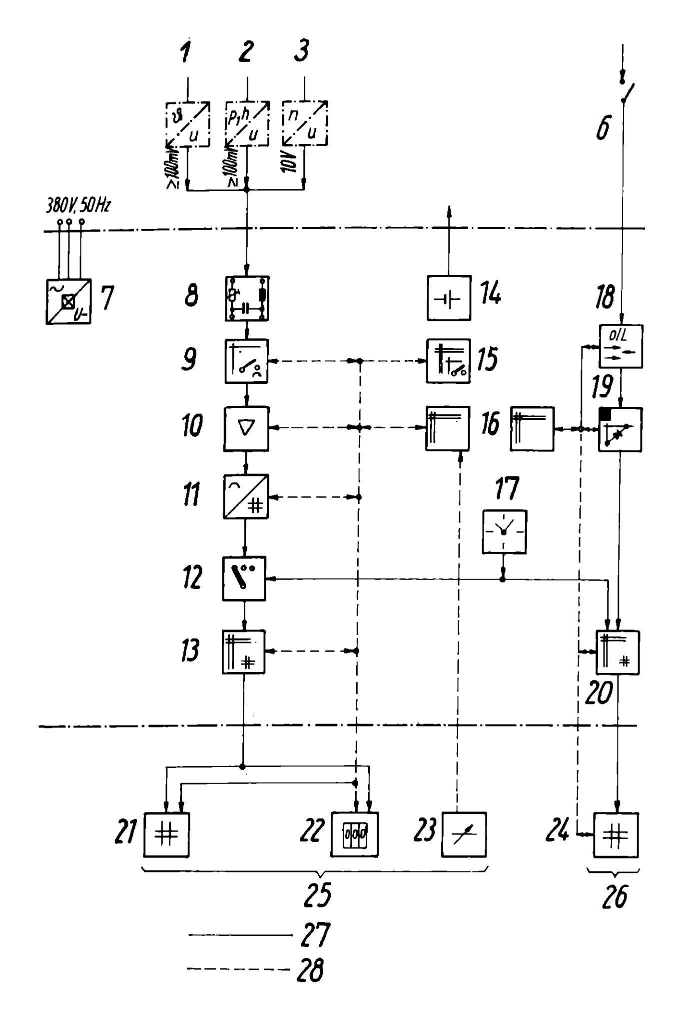


Bild 1: ursadat-Meßwerterfassungs- und Störungs-Registrieranlage für den Schiffseinsatz (für 100—300 Meßstellen auslegbar)

1. Temperatur (Widerstandthermometer)
2. Druck
3. Drehzahl
6. Grenzkontakte, Schalterstellungen
7. Netzgerät
8. Filter- u. Anpassungseinheit
9. Meßstellenumschalter (Durchschaltteil)
10. Zentralverstärker
11. A/D-Umsetzer
12. Signalverteiler
13. Ausgabe-Einheit für Journaldrucker
14. Zentrale Meßwertgebereinspeisung
15. Meßstellenumschalter (Steuerteil)
16. Zentral-Steuerungen
17. Zeitgeber
18. Zweipunkt-Signalvergleichseinheit
19. Lötprogrammierung (Adressenspeicher)
20. Ausgabeeinheit für Streifendrucker
21. Tagebuchdrucker
22. Digitalanzeige
23. Handanwahl
24. Störungsdrucker
25. Meßwerterfassung
26. Störungs-Registrierung
27. Informationssignale
28. Steuersignale

Nummer, Dimension und Komma werden deshalb nicht mit ausgedruckt. Der Ausdruck erfolgt 3stellig für die Meßstellennummer und den Meßwert mit einer Geschwindigkeit von 2 Meßwerten pro sec.

5. Störungsregistrierung

Der Teil „Störungsregistrierung" ist funktionsmäßig völlig selbständig ausgeführt und arbeitet unabhängig von der Tagebuchführung. Die Zentralsteuerung ist deshalb in einen Teil für die Tagebuchführung und einen Teil für die Störungsüberwachung aufgegliedert. Die Grenzwertüberwachung erfolgt mit Grenzkontaktgebern. Diese Meßstellen sind deshalb mit analogen Meßfühlern für den Tagebuchdruck und mit Grenzkontaktgebern ausgerüstet. In beiden Fällen besitzt die Meßstelle die gleiche Nummer, damit im Falle einer Störungsmeldung der analoge Wert über Handanwahl angezeigt werden kann. Zu Beginn einer Störung wird die Meßstellennummer mit Uhrzeit rot und am Ende der Störung mit Uhrzeit schwarz ausgedruckt. In der gleichen Weise werden die Schalterstellungen elektrischer Einrichtungen überwacht. Der Ausdruck erfolgt auf einem Streifendrucker.

6. Zeitgeber, Datum

Die Minutenimpulse werden von einem Schiffschronometer abgenommen und dem Zeitgeber zugeführt, der alle 60 min ein Startimpuls für den Druckzyklus abgibt. Der Zeitgeber stellt auch die Uhrzeit für die Störungsregistrierung bereit.

7. Konstruktive Ausführung

Die Funktionseinheiten sind in Kassetten untergebracht, die Bausteine auf Leiterplatten in gedruckter Schaltung enthalten. Sie sind einschließlich der Zentralsteuerung und der Ansteuerungen für beide Drucker in Schränken untergebracht. Die Bedienungselemente, die Sichtanzeige sowie die Einrichtung zur Handanwahl sind im Pult des Maschinenleitstandes untergebracht. Für je 100 Meßstellen ist ein zusätzlicher Schrank erforderlich.

Kurzreferat

ursadat-Anlagen im Schiffsbetrieb

Meßwertüberwachungsanlagen im Schiffsbetrieb übernehmen die automatische Führung des Maschinentagebuches, sparen Personal ein und tragen zur rechtzeitigen Schadenserkennung bei. Die Einrichtung des IfR ist aus Bausteinen des ursadat-Systems aufgebaut und kann den Aufgaben der verschiedenen Schiffstypen angepaßt werden. Sie führt stündlich automatisch ein Journal und registriert auftretende Störungen sofort. Gestörte Werte können über eine Handanwahl vorrangig zur Anzeige gebracht werden.

BRANDL, R.

DIE AUTOMATISCHE DOSIERUNG MIT HILFE EINER URSADAT-ANLAGE

1. Einleitung

Die steigende Aufgabe unserer Volkswirtschaft, bei verkürzter Arbeitszeit Erzeugnisse in hoher Qualität und Quantität zu produzieren, stellt an die Technik immer neue Forderungen.

Ein Mittel zur Erfüllung dieser Forderungen ist neben der Mechanisierung eine weitgehende Automatisierung von Produktionsanlagen. Dabei kann die einfache Steuerung oder Regelung eines Teiles der Produktionsanlage zweckmäßig sein oder die Steuerung und Regelung von kompletten Produktionsanlagen einschließlich zentraler Meßwerterfassung und -verarbeitung. Welche Maßnahmen sinnvoll sind, muß durch eine ökonomische Untersuchung festgestellt werden. Bei der Anwendung der höchsten Automatisierungsstufe, der komplexen Meßwerterfassung und -verarbeitung, sind jedoch entsprechende Voraussetzungen notwendig. Auch hier kann der zweite Schritt nicht vor dem ersten getan werden. Andernfalls muß mit erheblichen Schwierigkeiten und Verlusten gerechnet werden.

Für die Meßwerterfassung und -verarbeitung wird vorwiegend die Digitaltechnik eingesetzt.

Die Grenze für den wirtschaftlichen Einsatz von analoger oder digitaler Technik liegt etwa zwischen 1 % und 0,1 % Genauigkeit. Je höher die Genauigkeitsforderungen liegen, umso wirtschaftlicher wird die Digitaltechnik. In der Analogtechnik wächst von dieser Grenze an der Aufwand wesentlich stärker als die Genauigkeit, während in der Digitaltechnik nach einem Grundaufwand der Aufwand etwa linear mit der Genauigkeit steigt.

Zur Erhöhung der Genauigkeit werden außerdem in zunehmendem Maße Meßfühler eingesetzt, die digitale Signale liefern. Damit kann die digitale Information des Meßfühlers nicht verfälscht werden. Die Weiterverarbeitung dieser so gewonnenen Signale bei der geforderten Genauigkeit ist meist wesentlich einfacher und gegen äußere Störeinflüsse betriebssicherer als die Verarbeitung analoger Informationen.

Erhöhte Genauigkeitsforderungen sind jedoch nicht das einzige Kriterium für den Einsatz von digitalen Anlagen.

Der Einsatz digitaler Anlagen ist besonders dann von Vorteil, wenn neben sehr genauen und schnellen visuellen Ablesungen der Meßwerte eine automatische Registrierung zum Zwecke einer einwandfreien Anlagenkontrolle und eine automatische Auswertung gefordert wird oder wenn alle oder auch nur ein Teil von Informationen über größere Entfernungen übertragen werden muß.

Anlagen zur digitalen Meßwerterfassung und -verarbeitung haben die verschiedensten Aufgaben zu lösen. Dementsprechend gibt es unterschiedliche Ausführungsformen. Die kleinsten Anlagen dienen der einfachen Meßwerterfassung und -registrierung einer Anzahl von Meßstellen, gegebenenfalls mit Grenzwertüberwachung oder Regeleinrichtungen, während die Großanlagen in den verschiedensten Ausführungen bis zu den Prozeßrechnern, vorwiegend für eine optimale Ausnutzung der Produktionseinrichtungen sorgen.

2. Aufgabenstellung für Dosieranlagen

In den verschiedenen Industriezweigen werden Rohstoffgemische benötigt. Die Einhaltung der vorgegebenen Rezepte ist dabei meist entscheidend für die Qualität der Erzeugnisse. Bisher erfolgte die Dosierung vorwiegend manuell und war weitgehend von der Qualität der zur Verfügung stehenden Arbeitskräfte abhängig. Besonders schwierig ist die Aufgabe, wenn viele umfangreiche Rezepte mit sehr unterschiedlichen Gewichtsanteilen der einzelnen Rohstoffsorten von einer oder mehreren Arbeitskräften dosiert werden müssen.

Aber auch bei der Dosierung weniger umfangreicher Rezepte ist es nicht einfach, die einzelnen Rohstoffe mit einer Genauigkeit von mindestens 1 % zu dosieren.

Es werden deshalb Anlagen entwickelt, die unabhängig von den zur Verfügung stehenden Arbeitskräften den gesamten Dosiervorgang steuern. Diese Anlagen liefern zum Teil automatisch ein Protokoll über die dosierten Rohstoffe. Zur Erzielung der geforderten Genauigkeiten werden die einzelnen Rohstoffe zuerst im Grobstrom und dann im Feinstrom dosiert. Zur näheren Erläuterung dieser Maßnahme dient Bild 1.

Bei einer geforderten Genauigkeit von 1 ‰, das entspricht einer Fehlermenge von 100 g bei einer 100-kg-Waage, darf die Rohstoffsäule mit der Höhe h während der Feindosierung nicht mehr als 1 ‰ des Wägebereiches wiegen. Bei einer 100-kg-Waage muß diese Säule also weniger als 100 g wiegen. Diese Begrenzung des Feinstromes ist notwendig, weil im ungünstigsten Fall – bei der Dosierung kleiner Mengen und fast leeren Wägebehältern – nach dem Abschalten der Dosiereinrichtung diese Säule noch in den Waagebehälter fällt. Die gleichen Überlegungen gelten auch für die Dosierung im Grobstrom. Je kräftiger die Grobdosierung arbeitet, um so mehr wiegt dabei die Rohstoffsäule und um so größer muß der im Feinstrom als Feindosierung dosierte Rohstoffanteil sein. Eine Dosierung des ge-

samten Rohstoffes als Feinstrom ist wegen des dazu erforderlichen großen Zeitraumes nicht möglich.

Da bei der Dosierung der Rohstoff nicht aus dem Silo schießen darf, sind bei einigen Rohstoffsilos zur Verhinderung des Schießens Zellenradschleusen eingebaut, die mit der Fördereinrichtung ein- und ausgeschaltet werden. Die Beschickung der Waagenbehälter mit Rohstoffen erfolgt über gesteuerte Förderschnecken oder Dosierrohre.

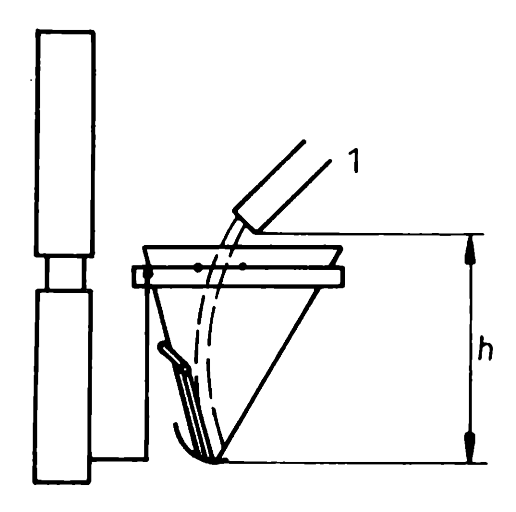


Bild 1 Rohstoffsäule beim Dosieren
1. Dosierrohr

3. Wirkungsweise der einzelnen Funktionseinheiten

Die nachfolgend beschriebene Meßwerterfassungsanlage des Systems ursadat dient der vollautomatischen Steuerung von Dosiereinrichtungen und zur automatischen Registrierung der dosierten Rohstoffmengen. Diese Anlage arbeitet vom Meßfühler über die Informationsverarbeitung, Anzeige und Meßwertregistrierung auf digitaler Basis und gehört zu den speziellen Meßwerterfassungsanlagen.

3.1 Meßfühler

Als Meßfühler können alle Mengenmeßeinrichtungen verwendet werden, die proportional zur dosierten Rohstoffmenge eine Anzahl von Impulsen liefern. Damit können induktive Durchflußmengenmesser, Wälzkolbenzähler, Dosierpumpen und Waagen mit elektronischem Abtastkopf eingesetzt werden.

Bei der beschriebenen Anlage werden 100-kg- und 1000-kg-Rapido-Neigungsgewichtswaagen mit elektronisch-optischem Abtastkopf eingesetzt. Diese Waagen werden mit Wägebereichen ab 20 kg bis 3000 kg produziert und besitzen mit elektronischer Abtasteinrichtung je nach der verwendeten Rasterscheibe eine Genauigkeit von 0,6 bis 1 ‰. Die verwendete Rasterscheibe richtet sich nach dem Wägebereich der verwendeten Waage und ist so ausgelegt, daß immer ein Feld der Scheibe und damit ein Impuls einem ganzzahligen Gewichtsanteil, zum Beispiel 20 g, 50 g, 100 g oder 1000 g entspricht.

Die Rasterscheibe ist auf der Zeigerachse der Waage aufgesetzt. Die Anzahl der Hell-Dunkel-Felder auf der Rasterscheibe entspricht dem Wägebereich der Waage. Eine 100-kg-Waage hat eine Rasterscheibe von 1000 hellen Feldern für den Wägebereich, entsprechend der Genauigkeit von 1 ‰, demzufolge ist der kleinste erfaßbare Wert bei dieser Waage 100 g, d. h., der Weg von einem hellen Feld zum nächsten hellen Feld entspricht genau 100 g.

Der Raster der Scheibe wird mit Hilfe einer Lichtquelle, Optiken und Spiegeln durch drei Fotodioden abgetastet.

Die von den Fotodioden umgewandelten Lichtsignale werden über Fotodiodenverstärker zum Trigger geführt und dort in Rechteckimpulse umgeformt. Damit wird gewährleistet, daß über die Kabel auswertbare Impulse zum zentralen Teil der Anlage gelangen können.

Durch die drei Fotodioden werden je 100 g dosierten Rohstoffes drei zeitlich verschobene Rechteckimpulse über das Kabel geführt. Jeder dieser Impulse wird dabei über eine getrennte Leitung geführt. Diese drei Impulse sind notwendig, damit bei schneller Dosierung von Rohstoffen und plötzlichem Beenden des Dosiervorganges auftretende Schwingungen des Waagebehälters und des Zeigers exakt erfaßt werden. Diese Pendelung kann auch auftreten, wenn beim Dosieren größere Brocken in den Behälter fallen. Um immer den richtigen Gewichtswert für die Registrierung zu erhalten, sind die Fotodioden räumlich versetzt angeordnet. Je nach der Bewegungsrichtung der Rasterscheibe werden die drei Impulse zeitlich verschieden gebildet und in dieser Reihenfolge einem Richtungsdiskriminator zugeführt, der die Aufgabe hat, aus der unterschiedlichen Reihenfolge der Impulse auf den drei Leitungen – entsprechend der Bewegungsrichtung – Vorwärts- oder Rückwärtsimpulse an den additiven oder subtraktiven Eingang des Vor- oder Rückwärtszählers zu liefern.

Die Waage wird über ein 7adriges Kabel mit der Steueranlage verbunden. Über das Kabel erfolgt außerdem die Stromversorgung der Waage und die Nullkontrolle.

3.2 Koordinatenschalter

Zur Übertragung von Signalen zwischen der Zentraleinheit und den technologischen Einrichtungen der Dosieranlage, also der Waage mit allen Teilen wie zum Beispiel Klappen zum Entleeren des Waagebehälters, der Dosierrohre, der Silos mit Füllstandsanzeige usw. dienen die Koordinatenschalter VIII und IX. Über diese Funktionseinheiten gehen die Befehle – Dosieren, Feindosieren, Ende der Dosierung, Waagebehälter öffnen und schließen sowie Signale der Nullstellung der Waage, Rohstoff vorhanden, Waagebehälter geschlossen oder offen und die Signale entsprechend der dosierten Rohstoffmenge. Die Durchschaltung der entsprechenden Leitungen erfolgt in Abhängigkeit vom gewählten Rohstoff.

3.3 Programmeingabe

Die Programmeingabe dient der Eingabe von Kennziffern für die zu dosierende Rohstoffart und Menge.

Bei Anlagen, die nur für wenige verschiedene Rezepte vorgesehen sind, genügt eine manuelle Eingabe der Programme über Tastenfelder bzw. Ziffernschalter. Für weitere Befehle hat die Anlage Tasten oder Schalter, zum Beispiel Hand-Automatik-Umschalter, Löschen, Start u. a. m.

Bild 2:

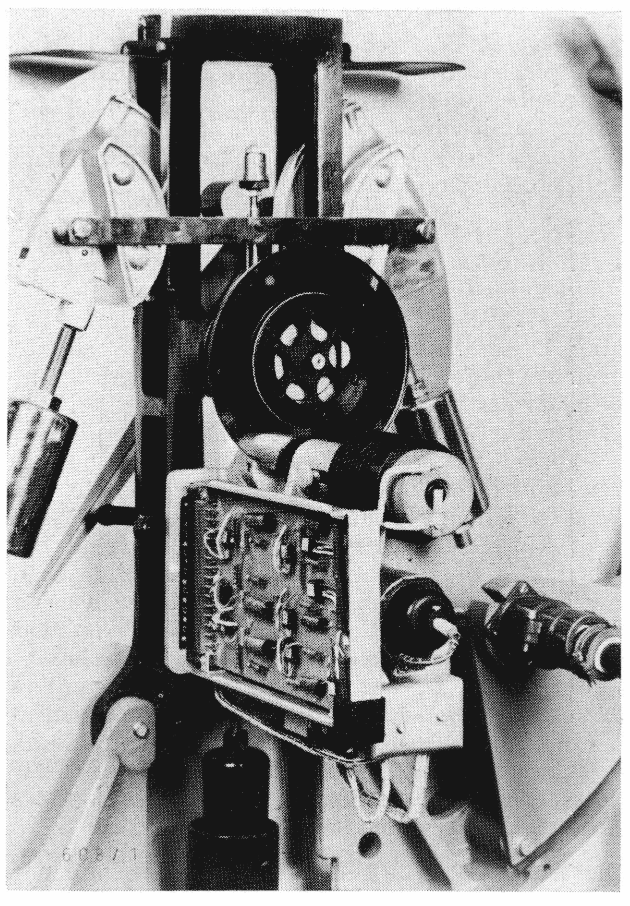


Bild 2 Der elektronische Teil des Abtastkopfes von Neigungsgewichtswaagen

Bei größeren Anlagen erfolgt die Eingabe der Programme über Programmkarten (Bild 2).

Diese Karte enthält 20 Spalten und kann maximal 45 Zeilen für die Informationen erhalten. Jede Zeile erhält für einen Rohstoff die Rohstoffart und die Rohstoffmenge. Der Zeilenabstand und damit auch die Zeilenzahl werden in der 19. Spalte festgelegt. Die 20. Spalte erhält ein Kennzeichen für das Programmende. Die Spalten werden durch Stege auf der Karte gebildet und besitzen eine bestimmte Funktion und Wertigkeit bei der Kodierung.

Während bei der manuellen Eingabe über Tastenfelder der Gewichtswert in kg und g sowie die Rohstoffnummer direkt eingegeben werden, sind diese Informationen in der Programmkarte kodiert festgehalten. Sp. 1–4 enthält also die Rohstoffart als Silonummer mit den Wertigkeiten 1, 2, 4, 8. Durch Addition der Wertigkeiten wird die gewünschte Nummer gebildet, zum Beispiel 13 aus 8 + 4 + 1.

Sp. 5 und 6 dient der mehrfachen Dosierung mit den Wertigkeiten 1 und 2.

Sp. 7 — 10, 11 — 14 und 15 — 18 enthalten Informationen für die drei Dekaden des Gewichtswertes. Hier erfolgt eine binärtetradische Kodierung mit den Wertigkeiten 1, 2, 4, 8. Die Pseudotetraden mit den Werten 10 – 15 sind unbenutzt.

Von der Programmkarte erfolgt die Eingabe der Gewichtswerte in ‰, bezogen auf die angewählte Waage. Dadurch genügen für die drei Dekaden 12 Sp. auf der Programmkarte.

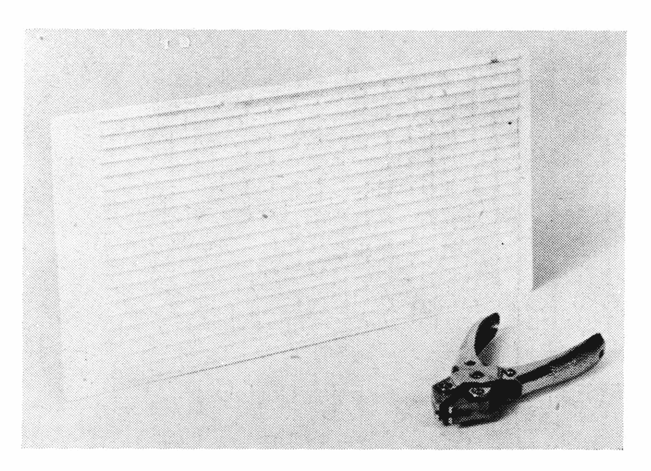


Bild 3 Programmkarte und Programmierzange

Andere Kodierungen sind möglich und entsprechend den Erfordernissen auszuwählen. Die Herstellung der Programme auf der Karte erfolgt durch Ausbrechen von Stegteilen entsprechend der Kodierung mit Hilfe der Programmierzange. Bei Anlagen mit Programmkarteneingabe ist für manuelle Eingaben bei einmaliger Einzeldosierung oder für Störungsfehler ein zusätzliches Tastenfeld zweckmäßig.

3.4 Wiegespielzähler

Die Anlage enthält weiterhin einen Wiegespielzähler (Block IV), der aus einem Zähler und einer Vergleichseinheit besteht.

Diese Funktionseinheit hat die Aufgabe, entsprechend dem eingegebenen Programm mehrmals die gleiche Menge eines Rohstoffes zu dosieren, sofern der Wägebereich der angewählten Waage nicht ausreicht. Es können dadurch z. B. mit einer 100-kg-Waage 3×75 kg = 225 kg Rohstoff dosiert werden. Damit wird erreicht, daß auch kleinere Rohstoffmengen mit höherer Genauigkeit dosiert und größere Rohstoffmengen auf kleineren Waagen dosiert werden können. Die Anlage kann außerdem mit weniger Waagentypen bestückt werden. Durch diese Maßnahmen war es möglich, in der beschriebenen Anlage nur zwei Waagentypen einzusetzen.

3.5 Rechner

Sowohl die manuelle Dateneingabe als auch die Eingabe der Werte mit Programmkarten lassen im

Rahmen der angeschlossenen technologischen Einrichtungen die Dosierung jeder beliebigen Rohstoffmenge zu. Damit besteht für die Anlage die Notwendigkeit festzustellen, wann von Grobdosierung auf Feindosierung umzuschalten ist. Die Anlage besitzt deshalb einen kleinen elektronischen Rechner (Block VII), der aus dem Sollwert und dem über Tastenfelder manuell vorgegebenen Feindosierungsanteil den Feindosierungswert errechnet. Der Feindosierungswert ist der Gewichtswert bei dem auf Feindosierung umgeschaltet wird. Der Gewichtswert des Feindosierungsanteiles wird in % des Wägebereiches der jeweils verwendeten Waage in den Speicher III der Anlage eingegeben. Durch die prozentuale Eingabe ist dieser Wert für alle Waagentypen zu verwenden.

Eine andere Möglichkeit besteht in der Vorgabe des Sollwertes in den Zähler durch Voreinstellung und laufende Subtraktion der in den Zähler einlaufenden Impulse bis zu einem, dem Feindosierungsanteil entsprechenden, festprogrammierbaren Anteil und Feindosierung bis zum Wert Null. Bei dieser Methode wird jedoch ebenfalls ein Rechner benötigt, um durch Addition des von Null abweichenden positiven oder negativen Teiles, die wirklich dosierte Rohstoffmenge zu ermitteln. Bei dem oben geschilderten Verfahren ist die Information über die wirklich dosierte Rohstoffmenge immer im Zähler enthalten. Außerdem enthält dieses Verfahren weniger Fehlermöglichkeiten.

Zum Rechner werden noch Speicher, sogenannte Schieberegister (Block III) benötigt.

3.6 Vor-Rückwärtszähler mit Anzeige und Registrierung

Das Kernstück der Anlage ist der Vor-Rückwärtszähler. Dieser Zähler ist so organisiert, daß die gezählten Impulse der dosierten Rohstoffmenge absoluten Einheiten also zum Beispiel kg und g entsprechen. Durch den Einsatz des Vor-Rückwärtszählers (Block VI) und dem Richtungsdiskriminator können alle Pendelungen der Waage einwandfrei erfaßt werden.

Dem Vor-Rückwärtszähler (VI) wird bei der Grobdosierung zuerst der Feindosierungswert als vorläufiger Sollwert vorgegeben. Beim Erreichen dieses Feindosierungswertes schaltet die Zentralsteuerung über die Funktionseinheit VIII oder IX auf Feindosierung um, während gleichzeitig der gewünschte Sollwert dem Zähler vorgegeben wird. Jetzt wird beim Erreichen des Sollwertes die Dosierung beendet.

Danach wird der im Zähler gespeicherte Wert für die dosierte Rohstoffmenge mit der Kennziffer für die Rohstoffart auf dem Streifendrucker mit Sprungwagen registriert. Während des Dosiervorganges kann von der Ziffernanzeige im Steuerpult der Feindosierungsanteil, die Silonummer, der Sollwert und laufend die dosierte Rohstoffmenge abgelesen werden. Damit ist es dem Bedienenden möglich, den Dosiervorgang visuell zu beobachten und zu kontrollieren.

3.6.1 Transportbehältersteuerung

Die Steuerung der Transportbehälter erfolgt von einer weiteren Funktionseinheit (Block XIII). Es müssen drei Transportbehälter auf zwei Gleisen von drei Übernahmestellen zu fünf Übergabestellen gesteuert werden.

Die Anwahl der Übernahme- und Übergabestellen erfolgt manuell über Drucktasten. Die mit der Transportbehältersteuerung und der Dosierung zusammenhängenden Operationen in den technologischen Einrichtungen werden an einem Leuchtschaubild angezeigt und gestatten trotz räumlicher Trennung von Steuerzentrale und den technologischen Einrichtungen eine Beobachtung aller Vorgänge.

Die elektronische Anlage liefert gleichzeitig die zur Anzeige auf dem Leuchtschaubild erforderlichen Signale.

3.7 Die Stromversorgung

Zur Stromversorgung der elektronischen Anlagen dienen verschiedene Netzteile der Funktionseinheit XV. Die gesamte Steuerung mit Rechner und logischem Teil wird mit einer stabilisierten Spannung von − 12 V, Mp und + 12 V gespeist.

Signale, die von Kontakten geliefert werden, haben eine Spannung von 60 V. Außerdem ist noch eine stabilisierte Spannung für die Lampenspannung an den Waagen von 3–4 V vorhanden. Die Spannung dieses Netzteiles wird entsprechend der Kabellänge zwischen Zentralteil und Waage, die einige hundert Meter betragen kann, eingestellt.

3.8 Steuerung

Die Steuerung und Überwachung des gesamten Dosiervorganges erfolgt von der Zentralsteuerung (Block V) mit Hilfe der übrigen Funktionseinheiten (VIII und IX). Nach Eingabe der erforderlichen Informationen wie Rohstoffart und -menge wird beim Erteilen des „Start"-Befehles durch Betätigen der Starttaste auf dem Steuerpult automatisch überprüft, ob die Anlage in Ausgangsstellung ist.

Gleichzeitig erfolgt die Berechnung des Feindosierungsanteiles, der sofort dem Vor-Rückwärtszähler als erster Sollwert vorgegeben wird.

Die durch die Rohstoffart vorgewählte Waage erhält solange Rohstoffe im Grobstrom bis der Feindosierungswert erreicht wird. Danach erfolgt die Dosierung des restlichen Rohstoffanteiles im Feinstrom bis zum Erreichen des zweiten Sollwertes. Anschließend erfolgt die Registrierung des Rohstoffes nach Art und Menge.

3.9 Sicherheitseinrichtungen

Um die einwandfreie Arbeitsweise der Dosiereinrichtungen zu gewährleisten, sind eine Reihe von Sicherheitsmaßnahmen notwendig.

Zur ständigen Überprüfung der Elektronik sind Kontrolleinrichtungen vorhanden, die Störungen erfassen und melden.

Außerdem erfolgt vor Beginn jeder Dosierung automatisch eine Kontrolle der technologischen Einrichtungen und die Überprüfung aller Operationen der Elektronik. Es wird dabei festgestellt, ob noch genügend Rohstoff für eine Dosierung vorhanden ist, der Waagenbehälter richtig entleert wurde und kein Rohstoff an der Behälterwand festsitzt, indem die Nullstellung der Waage überprüft wird, die Bodenklappe des Waagebehälters wieder richtig geschlossen ist, die elektronische Steuerung die Null- oder Ausgangsstellung eingenommen hat, der Vor-Rückwärtszähler auf Null steht und dem Vor-Rückwärtszähler ein Sollwert vorgegeben ist.

Weitere Kontrollen lassen sich bei Bedarf einbauen. So ist es zum Beispiel möglich, die Reihenfolge der Dosierung von Rohstoffen festzulegen und elektronisch zu kontrollieren.

4. Ausführung und Aufbau der Anlage

Das Bild 3 zeigt eine kleinere Dosieranlage bei der die Bedienungselemente, die gesamte zur Steuerung notwendige elektronische Informationsverarbeitung und die Registriereinrichtung in einem Steuerpult untergebracht sind.

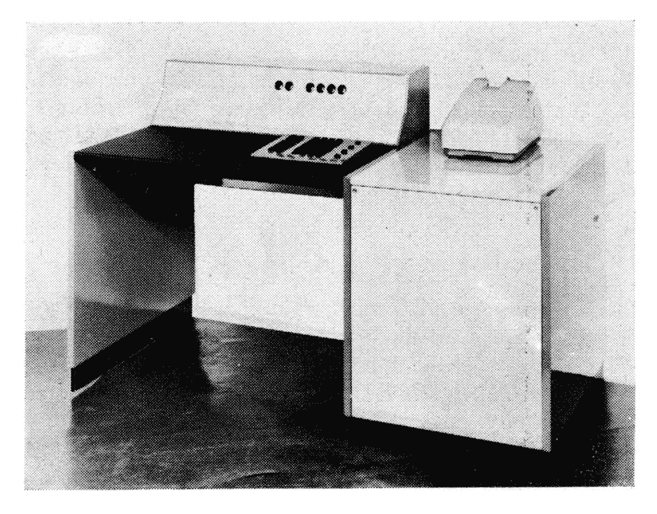


Bild 4 Steuerpult mit Elektronikeinheit einer Kleinanlage

Das Steuerpult besteht aus einem Pultteil zur Aufnahme des Tastenfeldes und der Ziffernanzeige sowie einer Elektronikeinheit, die im Schwenkrahmen die Elektronik enthält und den Drucker trägt.

Die Abmessungen des Steuerpultes betragen:

Tiefe 750 mm, Länge 1700 mm,
Höhe 750 (950) mm.

Bei größeren Anlagen, die z. B. mehrere Ein- und Ausgangskanäle sowie einen höheren Verknüpfungsaufwand besitzen als die vorstehend beschriebene Anlage, kann das Steuerpult um eine oder mehrere Elektronikeinheiten bzw. Steuerschränke erweitert werden.

Die Anlage gemäß Bild 4 enthält 13 Funktionseinheiten.

Diese 13 Funktionseinheiten bestehen aus insgesamt 142 Funktionsgruppen (Prints) und einer Spezialeinheit, die mit Elementarbausteinen und Grundschaltungen des Systems ursalog bestückt sind. Die Anlage enthält u. a. 1200 Transistoren, 2800 Dioden und ca. 75 000 Lötstellen. Die Funktionsgruppen sind in URS-Kassetten untergebracht und durch ihre Steckverbindung leicht auswechselbar. Als Steckverbindung werden 31polige Buchsenleisten oder 26polige Federleisten des VEB Elektrogerätewerk Gornsdorf eingesetzt.

Je nach Größe der Anlagen werden die URS-Kassetten in den Elektronikeinheiten des Steuerpultes oder der Schränke auf Schwenkrahmen untergebracht. Durch diese Schwenkrahmen sind alle Stellen der Anlage gut zugänglich.

Zur Anzeige der Informationen dienen Steckkassetten mit Ziffernanzeigeröhren Z 560 für je vier Dezimalstellen. Die Kassetten sind ebenfalls auswechselbar und werden je nach der Stellenzahl des Betrages teilweise oder vollständig mit Ziffernanzeigeröhren bestückt.

Für die digitale Registrierung wird ein Streifendrucker mit Sprungwagen des VEB Buchungsmaschinenwerk Karl-Marx-Stadt (Ascota) verwendet.

5. Dosierungsablauf

5.1 Einzeldosierung

Die Dosierung eines einzelnen Rohstoffes erfolgt durch Eingabe einer Kenn-Nr. für den Rohstoff und den Gewichtswert. Die Kenn-Nr. kann der Silo-Nr. oder der Waage-Nr. entsprechen oder auch einer anderen Nummer zur Kennzeichnung des Rezeptes. Diese Nummer wird nach Abschluß der Dosierung mit der wirklich dosierten Rohstoffmenge durch den Streifendrucker automatisch protokolliert.

Durch Auslösen der Taste „Start“ wird die Dosierung eingeleitet und läuft bis zur Registrierung automatisch ab. Die Entleerung kann je nach Wunsch automatisch oder durch Betätigen einer Taste ausgelöst werden. Danach steht die Anlage für weitere Dosierungen bereit.

5.2 Dosierung der Rohstoffe eines Rezeptes

Die Rohstoffe eines Rezeptes werden normalerweise mit Hilfe einer Programmkarte dosiert. Die Einzeldosierung der Rohstoffe eines Rezeptes ist, wie oben beschrieben, durch Eingabe von einem Wert und nach Dosierung dieses Rohstoffes des nächsten Wertes möglich.

Nach Einführung der Programmkarte in die Anfangsstellung des Programmgebers, Umschalten auf „Automatik“ und Betätigen der Taste „Start“ werden nacheinander alle Rohstoffe, die zu den in der Programmkarte enthaltenen Rezept gehören, dosiert. Nach der Dosierung des ersten Rohstoffes und auch bei jeder folgenden Dosierung stellt der Wiegespielzähler fest, ob von der Programmkarte eine oder mehrmals diese Rohstoffmenge zu dosieren ist.

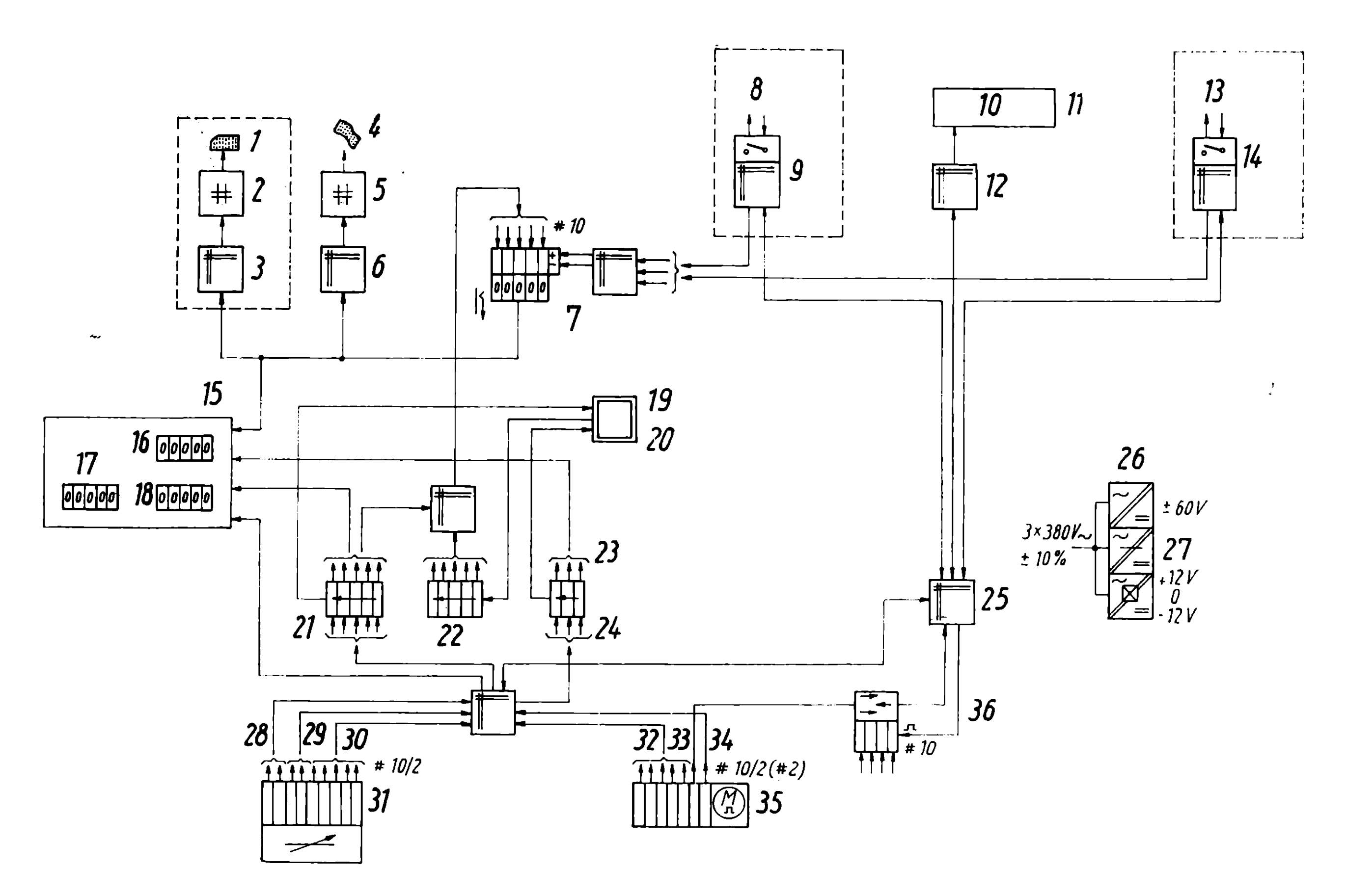


Bild 5 Blockschaltbild einer größeren Dosieranlage für 15 verschiedene Rohstoffe

1. Lochkarte
2. Lochkartenstanzer
3. Steuerung des Lochkartenstanzers
4. Journal
5. Streifendrucker mit Springwagen
6. Steuerung des Streifendruckers
7. Block VI u. VI a
   Vor-Rückwärtszähler mit Voreinstellung und Nullkontrolle sowie Richtungs-Diskriminator
8. Silo 1—5, Waagen I — III
9. Block VIII
   Koordinaten-Steuerung I, Ansteuerung und Silo-Nummer
10. Leuchtschaubild
11. Anzeige
12. Block XIII
    interne Steuerung der Transportbehälter
13. Silo 10—15, Waagen VI — VIII
14. Block IX
    Koordinaten-Steuerung II
15. Block XII
    Anzeige
16. Ist-Wert
17. Feindosierung, Silo-Nummer
18. Soll-Wert
19. Block VII
    Rechner
20. Berechnung des Feindosierungswertes
21. Soll-Wert
22. Feindosierungswert
23. Block III
    Eingangsspeicher, teilweise als Schieberegister mit Steuerung
24. Feindosierungsanteil
25. Block V
    Zentralsteuerung, Ablaufsteuerung und Kontrolleinrichtung
26. Block XV
    Stromversorgung
27. Lampenspannung
28. Feindosierung
29. Silo-Nummer
30. Soll-Wert
31. Block II
    Eingabe über Ziffernschalter, Feindosierung, Silo-Nummer, Soll-Wert (Speicheranwahl)
32. Soll-Wert
33. Anzahl der Dosierungen
34. Silo-Nummer
35. Block I
    Automatischer Programmgeber mit Profilkarte, Silo-Nummer, Soll-Wert
36. Block IV
    Zwischenspeicher (Wiegespielzähler)

Die Dosierung der gleichen Rohstoffart und Menge erfolgt so oft, bis die vorgegebene Zahl mit der Anzahl der Dosierungen übereinstimmt. Bei jeder Dosierung erfolgt automatisch die Registrierung des Istwertes und die Entleerung in den bereitstehenden Transportbehälter.

Steht der Transportbehälter für den Abtransport der dosierten Rohstoffmenge unter dem Waagebehälter bereit, so wird der Waagebehälter automatisch entleert und die Anlage ist für die nächste Dosierung bereit.

Damit ist die Dosierung eines einzelnen Rohstoffes beendet. Der Programmgeber erhält nach der Entleerung des Waagebehälters einen Schrittimpuls. Dadurch wird die Programkarte eine Zeile weitertransportiert. Der Speicher (Block III) erhält aus dieser Zeile neue Informationen und die nächste Dosierung läuft wie die vorhergehende Dosierung ab. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, bis alle in der Programmkarte angegebenen Rohstoffe des Rezeptes dosiert sind. Für das Programmende hat die Programmkarte ein Kennzeichen auf der Spalte 20. Je nach der Programmierung des Programmgebers wird dann die Programmkarte aus dem Programmgeber ausgestoßen oder in die Anfangstellung zurücktransportiert.

Die Programmierung des Programmgebers erfolgt durch zwei Umschalter auf dem Programmgeber.
Die Dosierung des gleichen Rezeptes kann durch Auslösen des Druckknopfes „Start“ beliebig oft wiederholt werden. Durch Einbau einer speziellen Vorwahleinheit wäre es außerdem möglich die Anzahl der Dosierungen nach dem gleichen Rezept vorzuwählen.

6. Der ökonomische Nutzen

Diese im Institut für Regelungstechnik Berlin entwickelte Anlage gestattet die einwandfreie Steuerung und Überwachung des Dosiervorganges von dosierfähigen Rohstoffen mit automatischer Protokollierung der dosierten Rohstoffmengen.

Unzulänglichkeiten der Arbeitskräfte werden durch ein Kontrollsystem weitestgehend ausgeschlossen. Durch die vollautomatische Dosierung mit Registrierung besteht eine Garantie für die Übereinstimmung von dosierter und registrierter Rohstoffmenge.

Es ist vorgesehen, in Zukunft von den einzelnen Rohstoffmengen der Versätze automatisch Lochkarten anzufertigen.

Der ökonomische Nutzen derartiger Anlagen liegt vor allen Dingen in einer Qualitätssteigerung bei erheblichen Steigerungsmöglichkeiten der Produktionskapazität.

Untersuchungen ergaben, daß die Ausschußquoten der Erzeugnisse durch ungenaue Dosierung von teilweise 20 % wesentlich reduziert und bei günstigen Voraussetzungen vollkommen verhindert werden können. Bei hochproduktiven Anlagen werden automatische Dosieranlagen bereits in kürzester Zeit amortisiert. Derartige digital arbeitende Anlagen sind geeignet, Dosieraufgaben in fast allen Industriezweigen zu lösen. Sie können besonders dann wirkungsvoll eingesetzt werden, wenn der Fehler weniger als 1 % betragen soll und möglichst viele sich wiederholende Versätze zu dosieren sind. Die Einsparung an Arbeitskräften fällt meist nicht allzusehr ins Gewicht.

PREUSSE, R. und KLIPPEL, A.

ALLGEMEINE ANWENDUNGS- UND EINSATZMÖGLICHKEITEN DES FERNWIRKSYSTEMS „URSATRANS"

1. Einleitung

Eine Erhöhung des Produktionsvolumens sowie die Steigerung der Arbeitsproduktivität läßt sich in einer modernen Wirtschaft nur erreichen, wenn damit ein erhöhter Einsatz der Automatisierung sowie eine zentralisierte Erfassung und Steuerung von Produktionsprozessen verbunden ist. Dies hat zur Folge, daß eine dementsprechend proportionale Vergrößerung der zu übertragenden Informationen und Steuervorgänge auftritt. Die für die Automatisierung bzw. Überwachung benötigten Informationen in Form von Meldungen, Befehlen und Meßwerten werden in den wenigsten Fällen in unmittelbarer Nähe der Zentrale erfaßt werden können. Das Zusammenwirken der räumlich ausgedehnten oder getrennten technischen Einrichtungen wird mit Hilfe der Geräte und Einrichtungen der Fernwirktechnik vorgenommen.

Für den Einsatz der Einrichtungen der Fernwirktechnik ergeben sich die folgenden allgemeinen Einsatzmöglichkeiten:

1. Der Einsatz für die Überwachung und Steuerung komplizierter Produktionsprozesse, deren Teilobjekte in größerer Entfernung voneinander untergebracht sind. Es handelt sich hierbei um Systeme für die Energieversorgung, die Ferngasversorgung, die Wasserwirtschaft, das Transportwesen, die Erdölindustrie (Pipeline), die kommunale Wirtschaft und größere Industriekombinate.

2. Der Einsatz für Produktionsprozesse mit weniger enger gegenseitiger Verknüpfung, bei denen eine zentralisierte Steuerung vom technischen Standpunkt aus nicht unbedingt erforderlich wäre; ein ökonomischer Nutzen jedoch durch Personaleinsparung oder durch schnelle Übermittlung von Informationen entsteht. Außerdem kann in verschiedenen Einsatzfällen durch schnelles Erkennen von Fehlern ein volkswirtschaftlicher Schaden verhindert oder Katastrophenfälle vermindert oder verhütet werden. Zu nennen seien hier die Dispatcheranlagen, Kontroll- und Prüfstellen für verschiedene Produktions- und Überwachungsstellen, wie z. B. für die Kontrolle von Pegelständen bei der Wasserwirtschaft, die Überwachung von Maschinen, Transformatoren, Lager, Silo, Relaisstationen usw.

3. Der Einsatz aus Gründen des Arbeitsschutzes ist z. B. für Betriebe erforderlich, die unter gesundheitsschädlichen Bedingungen arbeiten. Hier sind als Beispiele zu nennen, der Einsatz von Fernwirkgeräten in Hüttenbimsanlagen, Atomkraftwerken und einigen gefährdeten Hochspannungsanlagen.

4. Der Einsatz bei Prozessen mit beweglichen Objekten, die eine Steuerung von verschiedenen Punkten aus erforderlich machen, z. B. in der Hebe- und Fördertechnik bei Baukränen, Brückenkränen, Gießereikränen, Fahrstuhl- und Liftsteuerungen und bei der Reichsbahn für den Rangierbetrieb auf Güterbahnhöfen usw.

5. Der Einsatz in Zusammenarbeit mit Rechenmaschinen und Betriebskontrollanlagen. Hier wird durch den Einsatz der Fernwirkgeräte eine schnelle Informationsübertragung einer meist großen Informationsanzahl mit einer großen Übertragungsgenauigkeit ermöglicht.

2. Aufbau des Fernwirksystems ursatrans

Um alle diese Einsatzbedingungen und Anforderungen weitgehendst erfüllen zu können, werden im Institut für Regelungstechnik Berlin Fernwirkeinrichtungen entwickelt, die unter der Bezeichnung Fernwirksystem „ursatrans" zusammengefaßt sind. Das System „ursatrans" umfaßt Geräte und Einrichtungen der digitalen Fernmeß- und Fernsteuertechnik. Der Aufbau der Geräte wird mit Bausteinen und Funktionseinheiten des Systems „ursalog" vorgenommen. Um eine Vielzahl verschiedener Einsatzmöglichkeiten durch eine geringe Anzahl unterschiedlicher und für den jeweiligen Anwendungsfall modifizierter Geräte realisieren zu können, werden typisierte Fernwirkeinrichtungen entwickelt. So erfolgt eine grundsätzliche Einteilung der Geräte in zunächst 2 Gruppen:

1. die zeitmultiplexen PCM - Fernwirkeinrichtungen,
2. die frequenzmultiplexen TMF-Fernwirkeinrichtungen.

Außer diesen beiden grundsätzlichen Verfahren kommen häufig Anwendungsfälle vor, die durch eine Kombination dieser 2 Verfahren eine optimale ökonomische Lösung darstellen.

Die erste Gruppe enthält Geräte, die nach dem Impuls-Code-Modulations-Verfahren arbeiten und beinhaltet die Geräte der „elektronischen Fernsteuerung" für den Gegenstellen- und den Linienverkehr, Geräte der PCM-Fernmessung mit zyklischer oder programmierter Meßstellenabfrage und die Dispatcher-Befehlsanlage. Als Vorläufer der mit den ursalog-Bausteinen ausgerüsteten elektronischen Fernsteuereinrichtungen gelten noch die Relaisfernsteuereinrichtungen „Mitteltyp" und „erweiterter Mittelty" des Produktionsbetriebes VEB Steremat Berlin.

Die PCM-Fernwirkeinrichtungen werden hauptsächlich zur Übertragung von Informationen über größere Entfernungen meist drahtgebunden über

Wechselstrom-Telegrafie-Kanäle (WT-Kanäle), über Trägerfrequenz-Fernwirkeinrichtungen der Hochspannungsleitungen (TFH-Geräte) oder über Kabelleitungen direkt eingesetzt.

Die zweite Gruppe baut sich auf aus den Bausteinen des Tonfrequenz-Multiplex-Fernwirksystems TMF — 30. Der allgemeine Einsatz der Geräte des Fernwirksystems TMF — 30 erstreckt sich auf Gebiete der Nahwirktechnik sowie in Verbindung mit drahtlosen Übertragungs-Geräten auf die Funkfernsteuerung, wobei besonders die Kransteuerungen in der Fördertechnik zu erwähnen seien.

3. Einsatz der Fernsteuergeräte

Die Relaisfernsteuerungen werden bereits längere Zeit mit gutem Erfolg bei der Energiewirtschaft, der Reichsbahn und in Industriekombinaten eingesetzt. Auch in Zukunft wird in gewissem Umfange noch ein Einsatz dort erfolgen, wo nur eine geringe Informationsgeschwindigkeit benötigt wird und die Preisgünstigkeit gegenüber der elektronischen Fernsteuerung in Betracht gezogen werden muß. Die Fernsteuerung dient zur Übertragung von Befehlen von einer Zentrale, der steuernden Stelle, zu einer Unterzentrale, der gesteuerten Stelle.

Mit den Relaisfernsteuerungen lassen sich folgende Übertragungsarten durchführen:

Gegenverkehr,
Linienverkehr sowie
eine analoge Anwahlfernmessung.

Die Übertragungszeit eines Befehles einschließlich der Rückmeldung dauert ca. 3,5 s.

Bei den elektronischen Fernsteuerungen wird durch den Einsatz der mit Halbleitern bestückten Bausteine des „ursalog-Systems" die Übertragungsgeschwindigkeit erhöht, sowie eine größere Wartungsfreiheit erzielt. Dadurch ergeben sich gegenüber den elektromechanischen Fernsteuerungen größere Einsatzmöglichkeiten. Der Informationsumfang kann vergrößert werden. Der Aufbau der elektronischen Fernsteuerung erfolgt aus dem sog. Grundstock, der die Übertragung von Befehlen und Meldungen ermöglicht. Mit Hilfe der Funktionseinheiten des Systems „ursalog" kann eine Erweiterung der Anlage zur Übertragung von digitalen Meßwerten über einen gemeinsamen Übertragungskanal durchgeführt werden. Die durch die Erweiterung erhaltenen Typenvarianten ermöglichen einen Einsatz

für analoge Anwahlfernmessungen,
für digitale Anwahlfernmessungen,
für digitale Dauermessungen,
für den Linienverkehr und
für Anwahlfernsteuerungen.

Die Eingabe eines Steuerbefehls erfolgt auf Anreiz. Die Befehlseingabe wird mit Hilfe eines Steuerquittungsschalters, der im Leuchtschaltbild der Warte untergebracht ist, oder durch einen im Schaltpult eingesetzten Tastenschalter vorgenommen. Über die Kontakte der Befehlseingabe-Tasten bzw. der Steuerquittungsschalter werden die Befehlseingaberelais geschaltet. Als Relais werden 60 V Geko-Relais mit gasgeschützten Kontakten eingesetzt. Bei der Energieversorgung werden hauptsächlich Schalter gesteuert, z. B. Leistungsschalter, Trennschalter sowie Pumpen und Schieber für Wasserkraftwerke. Ein weiterer Einsatz bildet die stufenweise Verstellung von Stell-Transformatoren. Desgleichen kann eine Stufenverstellung von Erdschlußspulen mit Hilfe der Fernsteuereinrichtungen vorgenommen werden.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit besteht bei der Ferngasversorgung sowie bei Erdölleitungen (Pipelines). Hier können mit Hilfe der Fernwirkeinrichtungen Schieber und Pumpen von einer Zentrale gesteuert werden.

Die zu steuernden Stationen benötigen meist nur eine geringe Anzahl Befehle. Sie sind jedoch häufig in größerer Anzahl vorhanden und längs der Leitung verteilt. Für diesen Einsatzfall werden für die gesteuerten Stellen Anlagen mit einem geringen Informationsvolumen benötigt. Als günstig erweist sich der Einsatz von Fernsteuergeräten im Linienverkehr. Die Übertragung eines oder mehrerer Meßwerte (Druck bzw. Differenzdruck) kann gegebenenfalls über den gleichen Kanal erfolgen.

Ein großes Einsatzgebiet eröffnet sich für die elektronische Fernsteuerung bei der Reichsbahn. Dort werden Weichen und Signale ferngesteuert. Eine Überwachung und Fernsteuerung der Fahrleitungstrennschalter im elektrischen Bahnbetrieb wird mit Hilfe der PCM-Fernsteuerungen durchgeführt.

Die Rückmeldung von diesen Stellen wird zur Zentrale übertragen und dort auf Leuchtschaltbildern angezeigt. Die Befehlseingabe erfolgt vom Tastenfeld eines Gleisbildtisches. Die Sicherheit der Übertragung wird bei der elektronischen PCM-Fernsteuerung durch die komplementäre Übertragung der Befehle und die korrespondierende Kontrolle erreicht.

Die Meldungen können ständig oder durch Anreiz, z. B. nach eigener Zugfahrt, anstehen. Die Anzeige der Meldungen erfolgt im Gleisbildtisch. Übertragen werden zur Sicherheit nur Doppelmeldungen. (Bild 1)

Für den Einsatz bei der Reichsbahn kommt der Sternverkehr und der Linienverkehr in Betracht.

Der benötigte große Befehls- und Meldungsumfang führte zur Entwicklung der elektronischen Fernsteuerung PCS 101 mit einer max. Übertragungskapazität von 256 Einzelbefehlen und 540 Einzelmeldungen. Die Übertragungsgeschwindigkeit wurde mit 1200 Baud gewählt. Einrichtungen für den Linienverkehr für diese Übertragungsgeschwindigkeit befinden sich in der Entwicklung. Mit diesen Einrichtungen kann der Informationsumfang bei der Übertragung über nur eine Kabelleitung um das 16fache erhöht werden. Elektronische Fernsteuereinrichtungen sind im S-Bahngleichrichterwerk Berlin, Prenzlauer Allee, und bei der Reichsbahn in Schkopau eingesetzt worden.

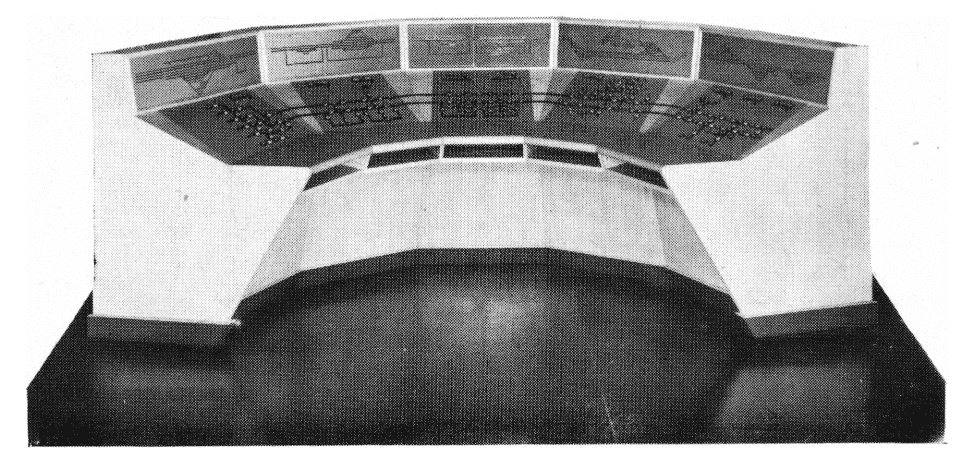


Bild 1: Gleisbildtisch im Einsatz mit einer elektronischen Fernsteuerung bei der Reichsbahn

Der Einsatz elektronischer Fernsteuereinrichtungen in der übrigen Industrie, wie z. B. in Industriekombinaten, der kommunalen Wirtschaft und dem Transportwesen, wird zur Steuerung von Schaltstationen, Schiebern, Pumpen, Generatoren, Motoren, sowie zur Überwachung des Produktionsprozesses vorgenommen. Bei diesen Anwendern lohnt sich der Einsatz der Fernwirkgeräte selbst für kürzere Übertragungsentfernungen, da durch den kabelsparenden Einsatz meist auf die Verlegung neuer Kabelleitungen in dem fast ausschließlich schwer zugänglichen Gelände (Stadtgebiete) verzichtet werden kann und die Übertragung meist über ein noch vorhandenes Rcserveadernpaar möglich ist. Die Kabelkosten für eine Neuverlegung würden die Kosten einer elektronischen Fernsteuerung übersteigen.

Als Meldungen werden die Stellungsmeldungen der angesteuerten und der zu überwachenden Funktionseinheiten und Schalter übertragen. Die Übertragung der Meldungen erfolgt durch Hilfskontakte der Steuereinheiten, die eine Kontrolle des Betriebszustandes der ferngesteuerten Anlage zulassen. Als Warnmeldungen werden vorzugsweise Temperatur, Druckluft, Batteriespannung, Türkontrolle, Buchholz-Schutz, Grenzwerte, nicht gesteuerte Schalter (wie z. B. Trennschalter) usw. in Betracht kommen. Ein weiterer Einsatzfall mit Hilfe des Grundstockes der elektronischen Fernsteuerung ist die analoge Anwahlfernmessung. Die Fernsteuerbefehle können auch zur Anschaltung von Meßwerten benutzt werden. In der steuernden Stelle erfolgt die Anwahl des Meßwertes mit Hilfe eines Schalters. Für die Übertragung der Meßwerte muß ein zusätzlicher Kanal zur Verfügung gestellt werden. Die Meßwerte können mit Hilfe der üblichen analogen Fernmeßeinrichtungen des Produktionsbetriebes EAW Berlin-Treptow, den Impulsfrequenz-Geräten übertragen werden. Für analoge Dauermessungen, die mit Hilfe der analogen Fernmeßgeräte übertragen werden sollen, sind für jeden Dauermeßwert ein gesonderter Kanal zur Verfügung zu stellen.

Um die zusätzlichen Kanäle einzusparen, wird die elektronische Fernsteuerung durch Einbau von zusätzlichen Funktionseinheiten des Systems „ursalog“ für eine digitale Fernmessung erweitert. Auch hier besteht die Möglichkeit für eine digitale Anwahlfernmessung und eine digitale Dauermessung. Jedoch wird gegenüber der analogen Fernmessung die Übertragung der Meßwerte über den gleichen Kanal der elektronischen Fernsteuerung vorgenommen. Dabei wird der analoge Meßwert in der gesteuerten Stelle über einen System-Umsetzer (Analog-Digital-Umsetzer) in einen digitalen Meßwert umgewandelt und digital über eine dem Meßwert zugeteilte Meldungsgruppe übertragen. In der steuernden Stelle erfolgt eine Rückwandlung der codierten Meßwerte in einen Dezimalwert. Über die Kontakte einer Dekodierungs-Relaismatrix werden für jede Dekade 10 Ausgänge für die Ziffernansteuerung der Ziffernanzeigeelemente und ein gemeinsamer Ausgang zur Spannungsquelle herausgeführt. Der Meßwert kann in max. 3 Dekaden mit einer Genauigkeit von $2^8 = 256$ Amplitudenstufen digital angezeigt werden.

Bei der digitalen Dauermessung können bis max. 16 Meßwerte mit je 3 Dekaden gleichzeitig angezeigt werden.

Der Linienverkehr wird mit Hilfe von WT-Geräten für langsamere Steuervorgänge, z. B. für die Pipeline, die Ferngas- und Fernwasserversorgung, vorgenommen. Für schnellere Informationsübertragungen und großen Informationsumfang wird die elektronische Fernsteuerung durch zusätzliche spezielle Einrichtungen für den Linienverkehr ausgerüstet.

4. Digitale PCM-Fernmeßeinrichtungen

Bei der Fernsteuerung werden hauptsächlich Fernwirkfunktionen in Form von qualitativen Steuer- und Überwachungsinformationen ausgeführt. Für viele Anwendungsfälle der Fernwirktechnik genügt jedoch die Übertragung von reinen quantitativen und qualitativen Überwachungsfunktionen. Für diese Einsatzfälle werden digitale PCM-Fernmeßeinrichtungen eingesetzt. Entsprechend des vorgesehenen Einsatzes sind im System „ursatrans“ zwei Grundtypen von digitalen PCM - Fernmeßeinrichtungen vorgesehen:

1. Eine zyklische Fernmeßeinrichtung PCM 201 und
2. eine Anwahl-Fernmeßeinrichtung PCM 211, die zusammen mit den Funktionseinheiten des Systems „ursadat“ eingesetzt wird.

4.1 Die zyklische Fernmeßeinrichtung PCM 201

Die PCM 201 wird hauptsächlich dort eingesetzt, wo größere Übertragungsentfernungen zu überbrücken sind und eine geringe Kanalkapazität zur Verfügung steht oder eine Einsparung von Übertragungskanälen und WT-Einrichtungen einen großen Nutzen ergibt. Der Haupteinsatz wird in Dispatcherzentralen, sei es für die Energiewirtschaft, die Gasversorgung oder die Wasserwirtschaft, vorgenommen werden. Für die Energiewirtschaft ergeben sich bereits konkrete Einsatzmöglichkeiten zur Übertragung von Meßwerten wie Leistung, Strom, Spannung und physikalische Größen, die ein elektrisches analoges Einheitssignal liefern, sowie Meldungen für Schalterstellungen. Da die Übertragung der Meßwerte und Meldungen über nur einen WT-Kanal erfolgt, können die sonst für die Übertragung mit analogen Fernmeßgeräten (Impuls-Frequenz-Verfahren) benötigten WT-Kanäle eingespart werden.

Bei einer maximalen Meßwertanzahl von 30 (oder einer entsprechenden Meldungsgruppenzahl mit max. $30 \times 8 = 240$ Einzelmeldungen oder $30 \times 4 = 120$ Doppelmeldungen) können durch den Einsatz nur einer PCM 201 29 WT-Kanäle eingespart werden. Der gesamte Übertragungszyklus für die 30 Meßwerte beträgt dabei nur rd. 8 s. Durch die Variabilität der Anlage verringert sich für eine kleinere Meßwertzahl die Zykluszeit. Ein weiterer Vorteil, der den Einsatz der Anlage befürwortet, ist die Erhöhung der Meß- und Übertragungsgenauigkeit. Bei der Übertragung des kodierten Meßwertes mit 8 bit erhält man einen Übertragungsfehler von $< \pm 0{,}2\,\%$. Die Eingabe von Meldungen in die PCM-201 erfolgt über Hilfskontakte der zu überwachenden Funktionseinheiten galvanisch getrennt auf die Meldungseingaberelais (60 V Geko-Relais). Hierfür gelten die gleichen Bedingungen wie bei der elektronischen Fernsteuerung. Die Eingabe der Meßwerte kann direkt digital vorgenommen werden oder analog erfolgen.

Liegt der Meßwert bereits als Kontaktstellung z. B. von einer Kodescheibe, kodiert vor, so können ebenfalls wie bei der Meldungsübertragung die Meldungseingabe-Relais direkt angesteuert werden. Die Eingabe des digitalen Meßwertes von elektronischen Speichern wird über Eingangsverteiler vorgenommen. Benötigt werden hierfür die URS-Signale des digitalen Zweiges (0-Signal: 0 ... -1 V; L-Signal: − 7 V ... − 12 V). Analoge Meßwerte werden prinzipiell durch einen eingeprägten Strom als analoges Einheitssignal des URS mit 0 ... ± 5 mA eingegeben. Für elektrische Größen ist der Meßgrößenumformer MUV2 (EAW Treptow) vorgesehen. Aus Gründen der Kanaleinsparung können jedoch in naher Zukunft noch die Meßgrößenumformer MUV1, MAG1 und MVG1 (EAW Treptow) mit den Meßbereichen 0 ... 4 mA und + 2 mA ... 0 ... − 2 mA eingesetzt werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß diese Primärgeräte die erreichbare Meßgenauigkeit bestimmen. Die Anpassung an die verschiedenen Meßgrößenumformer und Meßbereiche wird mit entsprechenden Filterbausteinen durchgeführt. Diese Filterbausteine sind außerdem zur Siebung der überlagerten Brummspannung der Primärgeräte notwendig, um die sonst sprunghafte Änderung der letzten Ziffern der digitalen Anzeigeelemente zu verhindern.

In Bild 2 ... sind die möglichen Meßwerteingabeschaltungen dargestellt. Diese gelten sowohl für die zyklische Fernmeßeinrichtung PCM 201 als auch für die elektronische Fernsteuereinrichtung PCS 101.

Die Ausgabe der Meldungen erfolgt über die Relaiskontakte der elektronischen Relaisspeicher. Für die Meldungsausgabe liegen max. 2 Arbeitskontakte vor. Mit Hilfe einer außerhalb des Gerätes zugeführten Spannungsquelle können Anzeigelampen auf den Leuchttableaus der Warten oder auf den Pulten angeschaltet werden. Die Anzeige von Meldungsänderungen durch Flackerlicht mit Quittierung ist möglich.

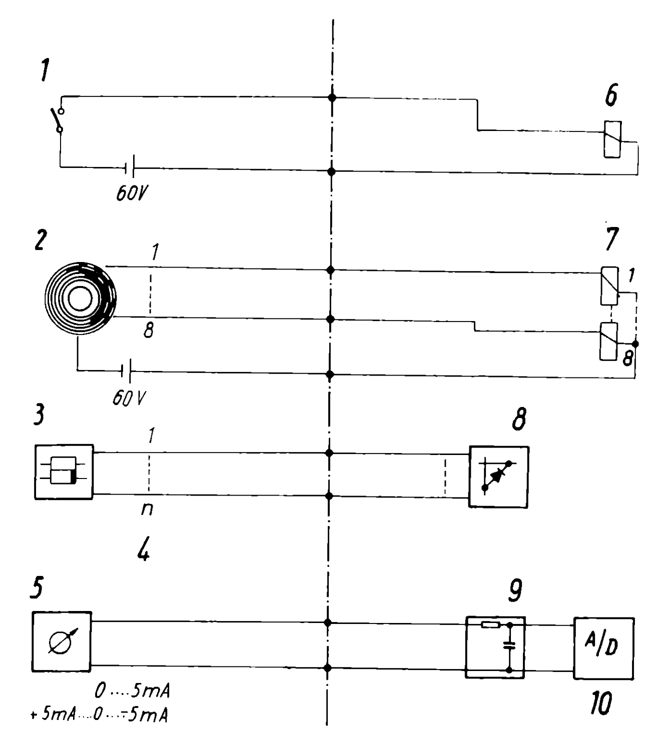


Bild 2: Meßwerteingabeschaltungen

1. Meldungseingabe
2. Digitale Meßwerteingabe
3. elektronischer Speicher
4. O/L − Signal
5. Analoger Meßwert
6. Eingabe-Relais
7. Eingabe-Relais
8. Eingangs-Verteiler
9. Filterbausteine
10. A/D-Umsetzer

Die Ansteuerung der Ziffernanzeigeelemente für die digitale Meßwertanzeige wird mit Hilfe der Relaisdekodierung der elektronischen Relaisspeicher vorgenommen. Je Dekade werden 10 Leitungen für die Ziffern und 1 Leitung für das Stromversorgungsgerät der Ziffernanzeige herausgeführt. Für eine Ziffernanzeige werden 3 Dekaden vorgesehen. Die Anzeige kann mit 256 Amplitudenstufen erfolgen, wobei eine Multiplikation mit den Faktoren 0,5; 1;

2 und 4 möglich ist. Die Anpassung der verschiedenen Meßbereiche auf den anzeigenden Ziffernwert muß durch Abgleichwiderstände bei der Meßwerteingabe und mit Hilfe der genannten Faktoren durchgeführt werden.

Die Anzeige von analogen Meßwerten kann über einen Digital-Analog-Umsetzer vorgenommen werden. Als analoges Einheitssignal wird ein URS-Signal von + mA ... 0 ... − 5 MA an R = 0 ... 1 kOhm geliefert. Dieser analoge Strom kann zur Aussteuerung der analogen Meßinstrumente oder Schreiber benutzt werden. Durch eine Zusatzeinrichtung ist eine analoge Summierung mehrerer Meßwerte möglich. In Bild 3 sind die Möglichkeiten der Meßwertausgabeschaltungen gezeigt, die ebenfalls wieder für die elektronische Fernsteuerung eingesetzt werden können.

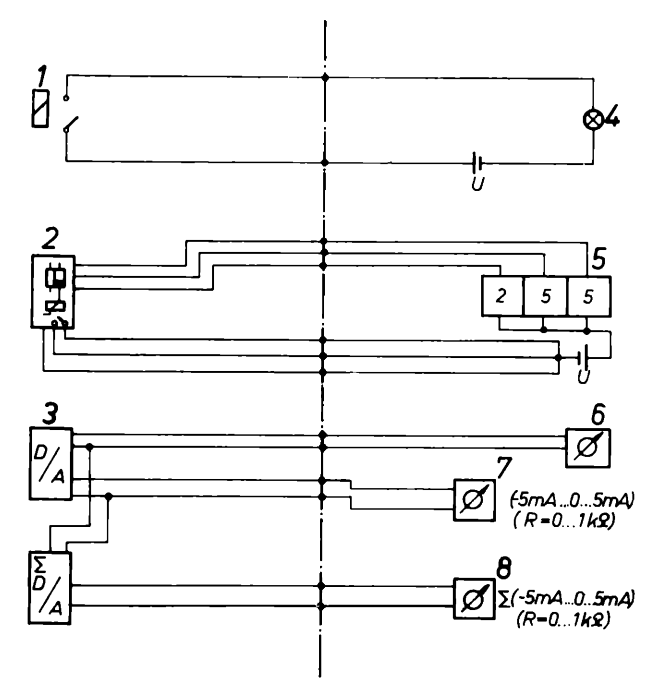


Bild 3: Meßwertausgabeschaltungen

1. Geko-Relais
2. elektron. Relais-Speicher mit Relais-Dekodierung
3. D/A-Umsetzer
4. Meldungsausgabe (prinzipiell)
5. Ziffern-Anzeige
6. Analog-Ausgabe
7. Einzelmeßwert
8. Summenmeßwert

4.2 Die Anwahl-Fernmeßeinrichtung PCM 211 für „ursadat“

Die PCM 211 für „ursadat“ ist vorgesehen für die Übertragung von Informationen, vorwiegend Meßwerte und Meßwertadressen, innerhalb weitverzweigter Industriekomplexe von dezentral zugeordneten Meßwerterfassungsstellen zu einer zentralisierten Meßwerterfassungseinrichtung. Die Übertragung kann auch zwischen einzelnen Meßwerterfassungseinrichtungen oder zwischen einer Meßwerterfassungseinrichtung und einem Rechner vorgenommen werden. Die Funktionseinheiten des Systems „ursatrans“ werden hierbei mit den Funktionseinheiten des Systems „ursadat“ gemeinsam in einem Schrank vereinigt untergebracht. Gegenüber der zyklischen PCM 201 sind die Anforderungen entsprechend dem Einsatzfall für die PCM 211 unterschiedlich. Der Informationsinhalt der PCM 211 ist wesentlich größer. Für die Speicherung genügt die kurzzeitige Einspeicherung in einen Zwischenspeicher und nach positiver Prüfung die endgültige Übergabe in den Speicher der Meßwertverarbeitungseinrichtung bzw. Rechner. Der jeweils zu übertragende Informationsinhalt einer Nachricht kann max. 60 bit umfassen.

Die Ein- und Ausgabe der Information erfolgt durch ein digitales URS-Signal in Form eines Parallel-Codes bis max. 60 bit. Die Übertragung wird als Serien-Code vorgenommen und meist über betriebseigene Kabel durchgeführt. Die Übertragungsgeschwindigkeit kann wahlweise bis 1200 Baud gewählt werden. Da die Übertragung meist nur über kürzere Entfernungen (ca. 20 km) vorgesehen ist, werden für den Einsatz als Anwahl-Fernmessung Vierdrahtverbindungen eingesetzt. Mit Hilfe der Adressenanwahl können mehrere Unterstationen (max. 8) angewählt werden. Der Meßstellenumfang kann max. 1000 Meßstellen betragen. Die Fernwirkeinrichtung arbeitet nur mit den Einrichtungen der Meßwertverarbeitung des Systems „ursadat“ zusammen. Die Steuerung wird von den Einrichtungen der Meßwertverarbeitung vorgenommen. Dabei ist eine programmierte Abfrage der Meßstellen möglich. Die Anschaltung der Meßstellen der Meßwerterfassung erfolgt mit Hilfe der Funktionseinheiten des Systems „ursadat“ (Meßstellenschalter, A/D-Umsetzer, Verteiler usw.).

Als Meßwerte können verarbeitet werden: Bilanzwerte, wie z .B. Tankstände oder Mengenwerte und technologische Werte, wie z. B. Druck, Temperatur, Spannung, Strom oder Leistung.

Eine PCM-Anwahl-Fernmeßeinrichtung ist im Erdölverarbeitungswerk Schwedt eingesetzt.

Sie arbeitet mit den Einrichtungen der Meßwerterfassung und der Meßwertverarbeitung zusammen. Mit Hilfe eines Rechners wird die Bilanzierung durchgeführt. Die technologischen Werte werden abgefragt, gespeichert und ihre Grenzwerte kontrolliert. Der Rechner führt außerdem die Korrektur der Meßgrößen durch. Die Eingabe der Korrekturwerte kann vom Betriebslabor vorgenommen werden. Eine Vorrangschaltung ermöglicht die Übertragung des Korrekturwertes während eines Abtastzyklus.

5. Dispatcher-Befehlsanlage DBA 301

Durch den Einsatz einer Dispatcher-Befehlsanlage bei der Energiewirtschaft kann die Energielenkung und der Einsatz der Kraftwerke im Verbundbetrieb von einer zentralen Stelle (Hauptlastverteiler) vorgenommen werden. Eine wirtschaftliche Betriebsführung läßt sich jedoch nur erreichen, wenn eine kurze Befehlsübermittlung vom Hauptlastverteiler zu den Unterlastverteilern sowie Kraftwerken und

die Auswertung bei der Hauptlastverteilung erzielt wird. Dies ist mit allen jetzigen Methoden der telefonischen Übermittlung der Anordnungen vom Hauptlastverteiler nicht optimal möglich. Durch die Vielzahl der besonders in kritischen Zeitpunkten zu erteilenden Befehle ist es dem Hauptlastverteiler nicht möglich, die notwendigen Befehle fernmündlich in kurzer Zeit durchzugeben. Eine Entlastung des Hauptlastverteilers von der untergeordneten Tätigkeit der Nachrichtenübermittlung wird durch den Einsatz der Dispatcher-Befehlsanlage erreicht. Mit dieser Anlage kann die Übermittlung von Befehlen von einer Befehlssendestelle (BSS), die sich bei der Hauptlastverteilung, der Regionallastverteilung oder der Bezirkslastverteilung befindet, an mehrere Befehlsempfangsstellen (BES) z. B. Regionallast- oder Bezirkslastverteilung, Kraftwerke und Verbraucher ,durchgeführt werden. Die Quittierung der Befehle erfolgt in umgekehrter Richtung durch die Rückmeldungen zum Hauptlastverteiler.

Die Befehle werden in Form von zweistelligen Ziffern oder Buchstaben digital verschlüsselt übertragen. Es können somit 100 verschiedene Befehle übermittelt werden. Die Bedeutung der Befehle wird nach einem ausgearbeiteten Schlüssel von der Dispatcher-Organisation festgelegt, z. B. zur Kennzeichnung der Dispatcherstufen, zur Steuerung des Betriebes, zu Kontingentsteuerung der Abnehmer oder zur Kennzeichnung der Befehle zwecks Beseitigung von Havarieschäden. In der Hauptlastverteilung befindet sich die Tableausteuerung. Die Steuerung erfolgt durch Tasten. Es können Befehle eingetastet werden und bis max. 30 Stationen angewählt werden. In der Befehlssendestelle können dabei gleichzeitig 10 verschiedene Befehle für die dazugehörige Station eingespeichert werden. Die Anzeige erfolgt durch ein Lampenfeld, das den Befehl durch eine Ziffernanzeige und die angewählte Station durch ein Lampenfeld anzeigt. Das bei Ausgabe des Befehls vorhandene weiße Flackerlicht wird beim Eintreffen der automatisch zurückgesendeten Sofortquittung in weißes Dauerlicht umgewandelt. Nach Quittierung des Befehls durch Handtaste in der BES wird das Dauerlicht auf „grün“ umgeschaltet. Alle ausgehenden Befehle sowie die quittierten Befehle werden in der Befehlssendestelle durch einen Drucker mit Stationsbezeichnung zur Betriebskontrolle gedruckt. Jede Befehlsempfangsstelle (BES) kann max. 5 verschiedene Befehle einspeichern. Die Anzeige erfolgt erstens auf einem Tableau durch eine Ziffernanzeige, und zweitens werden die Befehle auf einen Streifendrucker gedruckt.

Auf einem Tastenpult sind die Speicherquittungstasten untergebracht. Jeder Befehl kann einzeln quittiert werden. Die quittierten Befehle werden ebenfalls gedruckt. Die Unterscheidung der empfangenen und quittierten Befehle erfolgt durch „Schwarz“- und „Rot“-Druck. Zur Betriebskontrolle wird außerdem in der Sende- sowie der Empfangsstelle die Uhrzeit mitgedruckt. Die Befehle können einzeln an eine Empfangsstelle sowie auch als Sammelbefehl gleichzeitig an alle Stationen eingegeben werden. Da die Übertragung nur wenige Sekunden beträgt ,ist in kritischen Fällen eine sofortige Information aller Stellen kurzfristig möglich. Die Übertragung erfolgt über WT-Einrichtungen, die im Staffelbetrieb arbeiten. Jede Station wird durch ein kodiertes Telegramm gekennzeichnet. Die Abfrage der Stationen wird zyklisch vorgenommen. Die Sicherstellung der Befehle sowie der Stationsanwahl wird durch die Übertragung des komplementären Wertes des Impulsdiagrammes erreicht. Leitungsstörungen werden durch gesonderte Anzeigelampen angezeigt.

6. Tonfrequenz-Multiplex-Fernwirksystem

Der Einsatz des Tonfrequenz-Multiplex-Fernwirksystems TMF—30 ist sehr vielseitig. Ein großes Anwendungsgebiet ist der Einsatz in der Hebe- und Fördertechnik. Mit Hilfe tragbarer Gebergeräte können Hebezeuge der unterschiedlichsten Ausführung aus der Lastnähe gesteuert werden. Besonders dann, wenn der Kranführer ständig gesundheitsschädlicher Atmosphäre ausgesetzt ist. Bei Sichtbehinderungen und für die präzise Montage hochwertiger Maschinenteile ergeben sich in der Praxis große Vorteile. Der besondere Wert dieser elektronischen Hebezeugsteuerung liegt darin, daß sämtliche Fahrschaltungen ohne Änderung beibehalten werden können. (Konterfahrschaltung, Gegenstrombremsung, Regelbremsschaltungen.)

Der Bedienungsmechanismus der Gebergeräte entspricht vollkommen den bekannten Sesselsteuerständen. Eine Nachrüstung bereits im Betrieb befindlicher Kräne ist somit ohne Änderung der Starkstromanlagen möglich. Voraussetzung ist, daß der jeweils auszurüstende Kran bereits eine Schützensteuerung besitzt. Durch einen Umschalter kann jederzeit wahlweise auf TMF-Steuerung oder Sesselsteuerung geschaltet werden.

Sicherheitsschaltungen im Empfangsteil der TMF-Hebezeugsteuerung verhindern das Auslösen von Fehlbefehlen, hervorgerufen durch Störsignale. Für die Auslösung eines Befehls ist grundsätzlich die Übertragung mehrerer Tonfrequenzen des TMF—30 erforderlich, wobei zusätzlich die Kodierung im Empfangsgerät auf ihre vorgegebene Zusammensetzung überprüft wird. Die Übertragung eines speziellen Adreßkodes für jede Funkfernsteueranlage dient dem Sicherheitsbedürfnis und gleichzeitig der optimalen Ausnutzung der zur Verfügung stehenden HF-Kanäle. Die TMF-Steuergeräte für Hebe- und Fördermittel sind für Draht- und Funkübertragung ausgelegt.

Bezüglich der Wartung und Instandhaltung ist bedingt durch das einfache und übersichtliche Prinzip kein hochqualifiziertes Personal erforderlich.

In den Braunkohlebetrieben ist die dauernde Meldung der Betriebszustände der Förderbrücken für den Dispatcher von ausschlaggebender Bedeutung. Vorzugsweise in den Wintermonaten erhält diese Forderung besonderes Gewicht. Nachfolgend sind die technischen Möglichkeiten skizziert, die das TMF—30 in dieser Hinsicht aufweist.

Bei Fernmelde- oder Signalkabeln mit $2 \times 0{,}8$ mm Aderndurchmesser beträgt die maximal überbrück-

bare Leitungslänge ca. 20 km. Die Bausteine des TMF—30 können vollkommen freizügig längs der Leitung an beliebigen Stellen eingesetzt werden.

Der Aufbau von örtlich konzentriert angeordneten Geber- und Empfangsstationen ist, wie das Beispiel TMF-Steuerung von Hebe- und Fördermitteln zeigt, ebenfalls möglich.

Die gleichzeitige Übertragung von Informationen in beiden Richtungen der Leitung ist durch die Konzeption des Systems gegeben. In begrenztem Umfange ist Sternverkehr möglich.

Welche Leitungslängen mit welcher Anzahl anzusteuernden Stellen noch betriebssichere Anlagen ergeben, ist von Fall zu Fall zu entscheiden. Die Weitergabe eines Befehls von einer Sendestelle gleichzeitig an mehrere Empfangsstellen, wobei die Leitungslänge und die Anzahl der Befehle wesentlich freizügiger variiert werden können, ist durch den Einsatz des Gruppenverstärkers G_2 — GV möglich. Allerdings ist durch den Einsatz eines Gruppenverstärkers die Übertragung der Signale nur noch in einer Richtung möglich.

Bereits bestehende Fernsprechverbindungen können mit Hilfe einiger TMF-Kanäle gleichzeitig für die Übertragung von Fernwirkinformationen ausgenutzt werden. Die Tonfrequenzumsetzer erhalten in diesem Falle eine Ansprechverzögerung von ca. 500 ms, damit keine Fehlsteuerung durch die Frequenzen der Sprache ausgelöst wird. Außerdem ist die Erhöhung der Übertragungssicherheit durch Kodierung der Frequenzkanäle möglich.

Weiterhin findet das Bausteinsystem TMF—30 Anwendung für die Übermittlung getasteter Signale. Beispielsweise können mit den Tonfrequenz-Kanälen 21 ... 30 Impulsfolgen mit einer Tastfrequenz von 15 Imp./s übertragen werden. Somit ist die Möglichkeit gegeben, bei Leitungsdämpfungen < 1 Np und gleichzeitiger Verwendung des Impulsfrequenzverfahrens (5—15 Imp./s) 10 Meßwerte über eine Leitung übertragen zu können.

Im Erdölverarbeitungswerk Schwedt wird das TMF—30 für die Übertragung von Meßwerten eingesetzt. Die Meßwerte werden als Parallelkode in binärer Form zur Empfangsstelle übertragen. In den Unterzentralen stehen die Meßwerte, bedingt durch das Übertragungsprinzip, ebenfalls als Parallelkode, wie an der Tankstandsmeßstelle selbst, zur Verfügung. Durch die Zuordnung von je zwei Tonfrequenzkanälen für eine Spur der Kodescheibe sind Fehler und Ausfälle von den TMF-Übertragungsgliedern sofort erkennbar. Gegenüber der ge-

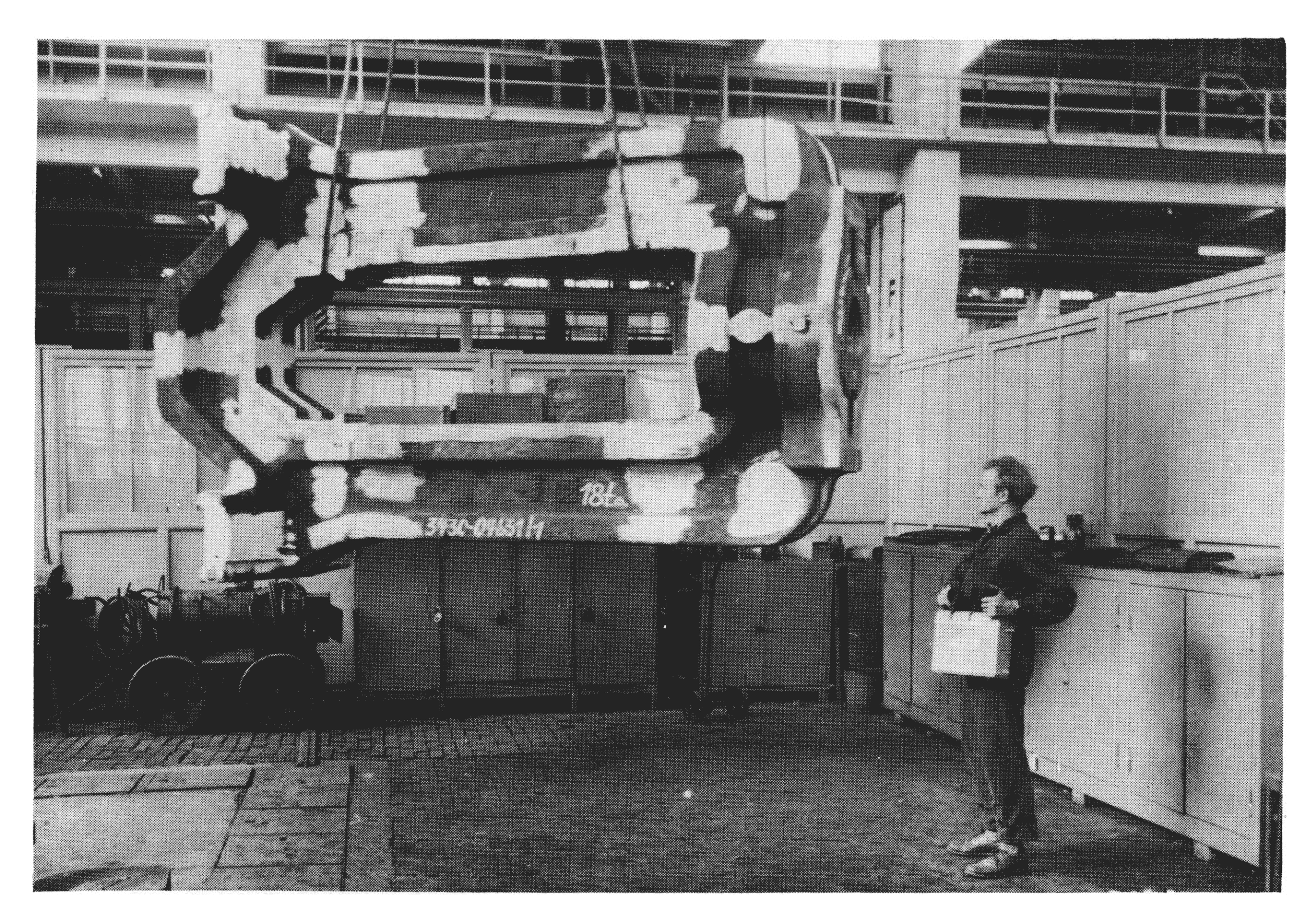


Bild 4: Einsatz der Funkfernsteuerung im Kranbetrieb

planten direkten Übertragung über vieladrige Kabel ergibt sich eine Kostensenkung von ca. 50 %.

Für die Wasserwirtschaft wurde nach einem ähnlichen Prinzip ebenfalls eine Meßwertübertragungseinrichtung entwickelt. Der Übertragungsweg wird in diesem Falle durch eine Funkstrecke gebildet. Die Funkgeräte sind handelsübliche Verkehrsfunkgeräte mit einer Bandbreite von 300 ... 3000 Hz. Der Übertragungsfehler der TMF-Meßwertübertragungseinrichtung beträgt 0,2 %. Die Meßwerte sind in der Zentrale mit Hilfe eines Blattschreibers als Analogwerte registrierbar. Bei Erreichen der oberen und unteren Grenzwerte, die je nach Verwendungszweck vom Betreiber frei einstellbar sind, werden Kontakte geschlossen, mit deren Hilfe entsprechend Warnsignale ausgelöst werden können.

Literatur:

1. Walbe: Dispatcher-Befehlsanlage DBA 1500, messen — steuern — regeln 8 ap (1965) H. 8/9, S. 150–152 u. S. 167–171
2. Zallmann, K.: Elektrische Fernsteuereinrichtungen, Energietechnik 13 (1963) H. 11, S. 498–501
3. Klippel, A.: Das Tonfrequenz-Multiplex-Fernwirksystem TMF–30, messen — steuern — regeln 8 ap (1965) — H. 9, S. 161 ... 166

QUEISSER, G. †

ERMITTLUNG DER ARBEITSKRÄFTE FÜR DIE INSTANDHALTUNG VON AUTOMATISIERUNGSMITTELN

1. Einleitung

Die Instandhaltung ist für Automatisierungsmittel wie auch für alle anderen Produktionsinstrumente eine objektive Notwendigkeit. Ursachen sind Verschleiß, Korrosion durch chemische oder elektrochemische Reaktion, Alterung, Ermüdung usw.

Die Arbeitsgänge bei der Instandhaltung von Automatisierungsmitteln unterscheiden sich in einigen Punkten von denen, die im Maschinenbau oder bei anderen technologischen Anlagen durchgeführt werden. Die Unterschiede liegen darin, daß die einzelnen Etappen der Instandhaltung,

Periodische Überprüfung	(Ü)
Laufende Reparatur	(L)
Mittlere Reparatur	(M)
Generalreparatur	(G),

bei Automatisierungsmitteln nicht durchgeführt werden. Hier wird lediglich zwischen Wartungsarbeiten, die an der Anlage und Reparaturen, die in der Werkstatt durchgeführt werden, unterschieden.

2. Maßnahmen zur Instandhaltung

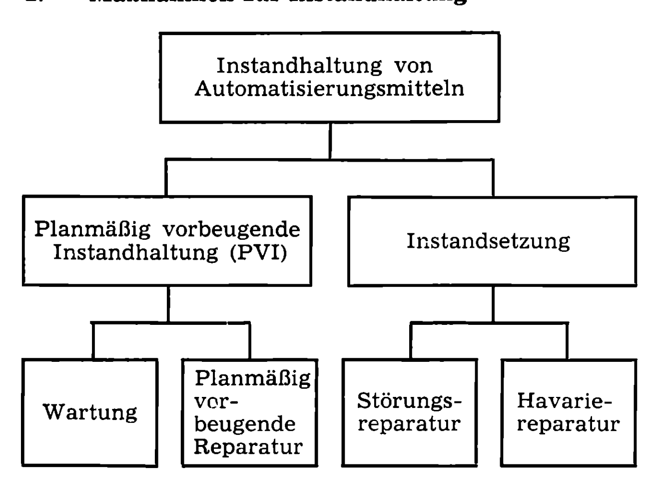


Bild 1: Zusammenhang der einzelnen Maßnahmen zur Instandhaltung von Automatisierungsmitteln

Instandhaltung:

Die Instandhaltung umfaßt alle technisch-organisatorischen Maßnahmen, um die Automatisierungsmittel während der Nutzungsdauer in arbeitsfähigem Zustand zu halten oder diesen wiederherzustellen.

Die Gesamtheit der Maßnahmen wird in zwei Gruppen, in die planmäßigen und in die außerplanmäßigen Arbeiten, eingeteilt.

Planmäßig vorbeugende Instandhaltung (PVI):

Die planmäßig vorbeugende Instandhaltung umfaßt alle technisch-organisatorischen Maßnahmen zur Pflege, Überwachung und Reparatur, die **turnusmäßig** durchzuführen sind, um die Genauigkeit und Funktion der BMSR-Geräte und -Anlagen zu gewährleisten.

Wartung:

Arbeiten, die zur Erhaltung der Funktionstüchtigkeit der Geräte oder Anlagen notwendig sind. Sie sind vor Ort turnusmäßig durchzuführen.

Unter der Bezeichnung „vor Ort" wird die technologische Anlage bzw. Meßwarte verstanden, in der die BMSR-Geräte installiert sind. Das Wort „turnusmäßig" sagt aus, daß die Arbeiten in ganz bestimmten Zeitabständen planmäßig durchzuführen sind.

Im einzelnen beinhalten Wartungsarbeiten:

Überprüfungen,
Kontrollmessungen,
Reinigungsarbeiten usw.

Planmäßig vorbeugende Reparatur:

Überholungen, die turnusmäßig durchzuführen sind, bevor Verschleiß, Ermüdung oder Alterung einen Ausfall der Geräte oder Anlagen verursachen.

Unter Reparaturen werden allgemein folgende Arbeiten verstanden: Demontage des Gerätes, Reinigung aller Teile, Überprüfung aller Baugruppen und Einzelteile, Ersatz oder Reparatur von Baugruppen oder Einzelteilen, die starken Verschleiß zeigen und bis zur nächsten planmäßigen Reparatur ausfallen könnten, Zusammenbau des Gerätes und Probelauf. Nach dem Probelauf müssen die Geräte ihre ursprüngliche Funktion erfüllen und innerhalb der geforderten Toleranzen liegen.

Instandsetzung:

Die Funktion und Genauigkeit der einzelnen Geräte oder Anlagen wiederherzustellen.

Instandsetzungarbeiten sind außerplanmäßige Arbeiten, die durchgeführt werden, wenn die Funktion der Geräte oder Anlagen gestört ist.

Störungsreparatur:

Reparaturen nach Ausfall eines Gerätes oder einer Anlage außerhalb des vorgesehenen Überholungsturnus.

Trotz konsequenter Anwendung der PVI können Störungen bei BMSR-Geräten eintreten. Dabei kann die Funktion der Geräte teilweise oder völlig gestört werden.

Havariereparatur:

Reparatur zur Wiederherstellung der Funktion und Genauigkeit von Geräten und Anlagen nach Auftreten einer Havarie.

Havariereparaturen werden nicht oft auftreten. Sie sind meist auf Havariefälle der technologischen Anlage (z. B. Brand) zurückzuführen. Die Arbeitsgänge für Störungs- und Havariereparatur sind analog denen, die bei der planmäßig vorbeugenden Reparatur erfolgen.

Nutzungsdauer:

Unter Nutzungsdauer ist der Zeitraum zu verstehen, während dessen ein Gerät oder eine Anlage benutzt wird. Die Nutzungsdauer wird in Betriebsstunden [h] angegeben.

3. Der Aufwand für die Instandhaltung von Automatisierungsmitteln

Der Aufwand schlägt sich in erster Linie im Bedarf an Arbeitskräften nieder, der zur Durchführung der notwendigen Arbeiten erforderlich ist. Die Ermittlung der Arbeitskräfte wird in der Praxis sehr unterschiedlich gehandhabt. Meistens muß festgestellt werden, daß der stundenmäßige Aufwand für Wartung und Reparatur der BMSR-Geräte unterschätzt wurde und die vorhandenen Arbeitskräfte nicht ausreichen, die notwendigen Arbeiten durchzuführen. Dieser Zustand ist darauf zurückzuführen, daß die Arbeitskräfte nur mit Hilfe von globalen Kennziffern eingeschätzt werden.

Beispielsweise werden für die Instandhaltung von Automatisierungsmitteln in unserer Republik pro Million BMSR-Wert 5—13 Arbeitskräfte beschäftigt. Trotz eingehender Untersuchungen konnte nicht festgestellt werden, für welche bestimmten Fälle die eine oder andere Arbeitskräftezahl gültig ist. Selbst in Betrieben eines Industriezweiges sind große Unterschiede dieser Kennziffer vorhanden. Eine weitere Methode, die aus der Literatur bekannt ist [1], die Einschätzung, wieviel Geräte ein Mechaniker pro Jahr betreuen kann, gibt ebenfalls keine genaue Aussage, da hier die Reparaturen nicht enthalten sind.

Für die Leiter von Instandhaltungsabteilungen für BMSR-Technik ist es wichtig, eine Kapazitätsermittlung und Planung durchzuführen. Dazu ist es notwendig, den stundenmäßigen Aufwand für die Instandhaltung der einzelnen Geräte zu kennen. Auf der Grundlage dieses Aufwandes wurde im Institut für Regelungstechnik eine Methode entwikkelt, die es gestattet, die notwendigen Arbeitskräfte rechnerisch zu ermitteln.

4. Berechnung der notwendigen Arbeitskräfte für die Instandhaltung

Die Arbeitskräfte für die Instandhaltung teilen sich in zwei Gruppen: Reparaturen, die vom Werkstattpersonal, dem Innendienst, ausgeführt werden und Arbeiten, die an der Anlage, d. h. vor Ort, von den Arbeitskräften des Außendienstes zu realisieren sind.

Grundlage für die Berechnung der Arbeitskräfte im Außendienst sind die Richtwerte (t_W) für die Wartungsarbeiten an Geräten. Zusätzlich entstehen Zeitaufwendungen, die mit Hilfe eines Faktors erfaßt werden. Darunter fällt folgendes:

- **Wartungsarbeiten an Anlagen**

  Je nach Aufbau und Umfang der Anlage sind Reinigungsarbeiten durchzuführen, das Durchmessen und Abgleichen von Meßleitungen, das Überprüfen von Kontakt- und Verbindungsstellen und ähnliche Arbeiten sind notwendig.

- **Kleine Reparaturen und Überprüfungen**

  Oft können Störungen durch kleine Reparaturen an der Anlage selbst behoben werden, beispielsweise bei Ausfall von Druck- oder Temperaturanzeigen.

- **Wegezeiten**

  Um die bisher genannten Arbeiten durchzuführen, benötigen die Mechaniker zwischen Anlage und Wartungsstützpunkt oder von Gerät zu Gerät Wegezeiten, die bei der Aufwandsermittlung ebenfalls zu berücksichtigen sind.

- **Anlagenbedingte Wartezeiten**

  Für Überprüfungsarbeiten ist das Freischalten und Einschalten von der Meßwarte aus erforderlich. Dadurch entstehen Wartezeiten, die nicht vom Willen der Mitarbeiter abhängig sind.

  Mit Hilfe einer Geräteliste (Tabelle 1), in der die einzelnen Geräte und die vorhandene Anzahl der Geräte (n) eingetragen sind, kann der Wartungsaufwand je Gerät (t_W) eingetragen und mit der Stückzahl multipliziert werden.

Bildet man die Summe des Wartungsaufwandes für Geräte pro Jahr und multipliziert diese mit dem Faktor $C_1 = 1{,}8$, so sind die bisher genannten notwendigen Zeiten erfaßt.

$$T_W = C_1 \sum_{i=1}^{p} t_{Wi} \cdot n_i = 1{,}8 \sum_{i=1}^{p} t_{Wi} \cdot n_i \quad \text{[h/Jahr]}$$

Zusätzlich treten außerplanmäßige Instandhaltungsarbeiten auf, die wegen ihres geringen Anteils am Gesamtaufwand mit Hilfe eines prozentualen Zuschlages von 2,1 % vom Wert dieser Teile berücksichtigt werden. Es handelt sich hier z. B. um Glasthermometer, Schalter, Relais, Leitungen, Klemmleisten usw. Sind diese Teile defekt, müssen sie gegen neue ausgewechselt werden. Der stundenmäßige Aufwand kann wie folgt ermittelt werden:

$$T_{JG} = C_2 \sum_{i=1}^{k} K_{Gi} \cdot n_i = 3 \cdot 10^{-3} \sum_{i=1}^{k} K_{Gi} \cdot n_i \quad \text{[h/Jahr]}$$

K_{Gi} = Anschaffungswert des Teiles i

n_i = Anzahl des Teiles i

C_2 = $3 \cdot 10^{-3}$ [h/M]

Durch diese beiden Summen ist der stundenmäßige Aufwand pro Jahr für die Arbeiten im Außendienst gekennzeichnet.

Für Reparaturarbeiten in den Werkstätten sind ebenfalls Richtwerte (t_R) für die Reparatur eines Gerätes vorhanden. Summiert man diese Richtwerte und berücksichtigt die auftretenden Störungen und Havariefälle mit 20 %, so erhält man folgende Formel:

$$T_{JR} = C_3 \sum_{i=1}^{q} t_{Ri} \cdot n_i = 1{,}2 \sum_{i=1}^{q} t_{Ri} \cdot n_i \quad [\text{h/Jahr}]$$

Durch Summierung der drei bisher genannten Formeln erhält man den Stundenaufwand für die Instandhaltung pro Jahr.

$$T_J = C_1 \sum_{i=1}^{p} t_{Wi} \cdot n_i + C_2 \sum_{i=1}^{k} K_{Gi} \cdot n_i + C_3 \sum_{i=1}^{q} t_{Ri} \cdot n_i \quad [\text{h/Jahr}]$$

Dividiert man die Stunden durch den pro Jahr zur Verfügung stehenden produktiven Arbeitszeitfonds Arbeitskraft, der durchschnittlich mit 1900 Stunden pro Jahr angegeben wird, so erhält man die Anzahl der pro Jahr für die Instandhaltung von Automatisierungsmitteln notwendigen Arbeitskräfte (AK).

$$AK = \frac{T_J}{1900} \quad [\text{Anzahl}]$$

Für die Projektierungsstellen wurden eine Reihe von Kennziffern zusammengestellt, die es gestatten, bei Ausarbeitung eines Projektes die für die Instandhaltung der BMSR-Technik notwendigen Arbeitskräfte nach dieser Methode rechnerisch zu ermitteln.

Literatur:

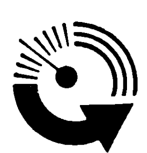
[1] Diehl, F.: Erfahrungen über die Zuverlässigkeit verfahrenstechnischer Instrumentierung, rtp (1965) Heft 4, S. 153

Lfd. Nr.	Gerät	Anzahl der vorhandenen Geräte	Wartungsaufwand je Gerät pro Jahr	Wartungsaufwand je Gerätegruppe	Reparaturaufwand je Gerät pro Jahr	Reparaturaufwand je Gerätegruppe
—	—	n	tw	$n\ t_w$	t_R	$n\ t_R$
—	Text	—	h	h	h	h
0	1	2	3	4	5	6
1	Einfachpunktschreiber	120	22,0	2.640,0	15,0	1.800,0
2	Druckbandschreiber	28	20,0	560,0	8,0	224,0
3	Ringkolbenzähler	15	2,5	37,5	4,0	60,0
4	Motorventil	240	3,0	720,0	9,0	2.160,0
5	.					
6	.					
.						
.	.					
.	.					
.	.					
.	.					
.	.					

Tabelle 1: Beispiel einer Tabelle zur Summierung der Richtwerte für Wartung und Reparatur einzelner Geräte



Betriebe, die dem Warenzeichenverband Regelungstechnik e. V. angeschlossen sind



Institut für Regelungstechnik

1055 Berlin,
Storkower Str. 101

Fernsprecher: 53 00 30
Fernschreiber: 0112 127



VEB Mertik Quedlinburg

43 Quedlinburg (Harz)
Klopstockweg 10

Fernsprecher: 40 51
Fernschreiber: 056 8523

VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow



Zentraler Anlagenbau
der BMSR-Technik

153 Teltow, Oderstraße 74/76

Fernsprecher: Teltow 440
Fernschreiber: 018 415



VEB Reglerwerk Dresden

806 Dresden,
Großenhainer Straße 1/5

Fernsprecher: 5 25 81
Fernschreiber: 019 287

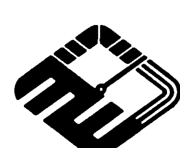
VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg



3011 Magdeburg,
Straße d. Dtsch.-Sowj.-Freundschaft

Fernsprecher: 4 26 45
Fernschreiber: 018 415

VEB Meßgerätewerk Beierfeld



9433 Beierfeld (Erzgeb.),
Clara-Zetkin-Straße 7

Fernsprecher:
Schwarzenberg 41 31
Fernschreiber: 057 353

VEB Steremat Berlin

Werk für Steuerungs-, Regelungs- und Automatisierungsgeräte



1055 Berlin,
Storkower Str. 115

Fernsprecher: 53 07 91
Fernschreiber: 0112 556

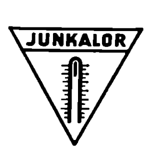
VEB Wetron Weida (Thür.)

Werk für elektronische Baugruppen der Regelungstechnik



6508 Weida (Thür.),
Geraer Straße 36

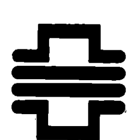
Fernsprecher: 201
Fernschreiber: 058 208



VEB Junkalor Dessau

45 Dessau, Altener Straße 43

Fernsprecher: 72 61
Fernschreiber: 056 8826



VEB Noremat Nossen

8255 Nossen (Kreis Meißen),
Rosa-Luxemburg-Straße 32

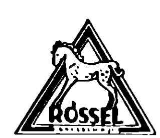
Fernsprecher: 441
Fernschreiber: 019 206



VEB Intron Leipzig

7027 Leipzig 27,
Holzhäuser Straße 120/130

Fernsprecher: 69 70
Fernschreiber: 051 594



Rössel Meßtechnik

8021 Dresden 21, Behrischstraße 17

Fernsprecher: 3 11 52

VEB Werk für Signal- und Sicherungstechnik Berlin



1193 Berlin-Treptow,
Elsenstraße 87/96

Fernsprecher: 27 88 51
Fernschreiber: 011 344

Exporteur: Deutsche Export- und Importgesellschaft Feinmechanik — Optik m.b.H.
102 Berlin, Schicklerstraße 7 / Deutsche Demokratische Republik

